



RS Global

ISSN 2413-1032



WORLD SCIENCE

Multidisciplinary Scientific Edition



RS Global

WORLD SCIENCE

*№ 8(69)
August 2021*

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws

All articles are published in open-access and licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0). Hence, authors retain copyright to the content of the articles. CC BY 4.0 License allows content to be copied, adapted, displayed, distributed, re-published or otherwise re-used for any purpose including for adaptation and commercial use provided the content is attributed. Detailed information at Creative Commons site: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Publisher –
RS Global Sp. z O.O.,

Warsaw, Poland

Numer KRS: 0000672864
REGON: 367026200
NIP: 5213776394

Publisher Office's address:
Dolna 17, lok. A_02
Warsaw, Poland,
00-773

Website: <https://rsglobal.pl/>
E-mail: editorial_office@rsglobal.pl
Tel: +4(822) 602 27 03

DOI: 10.31435/rsglobal_ws
OCLC Number: 1051262033
Publisher - RS Global Sp. z O.O.
Country – Poland
Format: Print and Electronic version
Frequency: monthly
Content type: Academic/Scholarly

EDITORIAL BOARD:

Dmytro Marchenko Ph.D., Associate Professor
Mykolayiv National Agrarian University, Ukraine

Manwendra Kumar Tripathi Ph.D., National
Institute of Technology Raipur Chhattisgarh, India

Masoud Minaei Ph.D. of GIScience, Ferdowsi
University of Mashhad, Iran

Nobanee Haitham Associate Professor of Finance,
Abu Dhabi University, United Arab Emirates

Almazari Ahmad Professor in Financial
Management, King Saud University-Kingdom of Saudi
Arabia, Saudi Arabia

Lina Anastassova Full Professor in Marketing,
Burgas Free University, Bulgaria

Mikiashvili Nino Professor in Econometrics and
Macroeconomics, Ivane Javakishvili Tbilisi State
University, Georgia

Alkhalwaldeh Abdullah Professor in Financial
Philosophy, Hashemite University, Jordan

Mendebaev Toktamys Doctor of Technical
Sciences, Professor, LLP "Scientific innovation center
"Almas", Kazakhstan

Yakovenko Nataliya Professor, Doctor of
Geography, Ivanovo State University, Shuya

Mazbayev Ordenbek Doctor of Geographical
Sciences, Professor of Tourism, Eurasian National
University named after L.N.Gumilev, Kazakhstan

Sentyabrev Nikolay Professor, Doctor of Sciences,
Volograd State Academy of Physical Education, Russia

Ustenova Gulbaram Director of Education
Department of the Pharmacy, Doctor of Pharmaceutical
Science, Kazakh National Medical University name of
Asfendiyarov, Kazakhstan

Harlamova Julia Professor, Moscow State
University of Railway Transport, Russia

Kalinina Irina Professor of Chair of
Medicobiological Bases of Physical Culture and Sport,
Dr. Sci.Biol., FGBOU VPO Sibirsky State University of
Physical Culture and Sport, Russia

Imangazinov Sagit Director, Ph. D, Pavlodar
affiliated branch "SMU of Semei city", Kazakhstan

Dukhanina Irina Professor of Finance and
Investment Chair, Doctor of Sciences, Moscow State
Medical Dental University by A. I. Evdokimov of the
Ministry of health of the Russian Federation, Russian
Federation

Orehowskyi Wadym Head of the Department of
Social and Human Sciences, Economics and Law, Doctor of
Historical Sciences, Chernivtsi Trade-Economic Institute
Kyiv National Trade and Economic University, Ukraine

Peshcherov Georgy Professor, Moscow State
Regional University, Russia

Mustafin Muafik Professor, Doctor of Veterinary
Science, Kostanay State University named after
A. Baitursynov

Ovsyanik Olga Professor, Doctor of Psychological
Science, Moscow State Regional University, Russian
Federation

Suprun Elina Professor, Doctor of Medicine, National
University of Pharmacy, Ukraine

Kuzmenkov Sergey Professor at the Department of Physics
and Didactics of Physics, Candidate of Physico-mathematical
Sciences, Doctor of Pedagogic Sciences, Kherson State University

Safarov Mahmatali Doctor Technical Science, Professor
Academician Academia Science Republic of Tajikistan, National
Studies University "Moscow Power Institute" in Dushanbe

Omarova Vera Professor, Ph.D., Pavlodar State Pedagogical
Institute, Kazakhstan

Koziar Mykola Head of the Department, Doctor of
Pedagogical Sciences, National University of Water Management
and Nature Resources Use, Ukraine

Tatarintseva Nina Professor, Southern Federal University,
Russia

Sidorovich Marina Candidate of Biological Sciences, Doctor
of Pedagogical Sciences, Full Professor, Kherson State University

Polyakova Victoria Candidate of Pedagogical Sciences,
Vladimir Regional Institute for Educational Development Name
L. I. Novikova, Russia

Issakova Sabira Professor, Doctor of Philology, The
Akt'yubinsk regional state university of K. Zhubanov, Kazakhstan

Kolesnikova Galina Professor, Taganrog Institute of
Management and Economics, Russia

Utebaliyeva Gulnara Doctor of Philological Science, Al-
Farabi Kazakh National University, Kazakhstan

Uzilevsky Gennady Dr. of Science, Ph.D., Russian Academy
of National Economy under the President of the Russian
Federation, Russian Federation

Krokhmal Nataliia Professor, Ph.D. in Philosophy, National
Pedagogical Dragomanov University, Ukraine

Chorny Oleksii D.Sc. (Eng.), Professor, Kremenchuk
Mykhailo Ostrohradskyi National University

Pilipenko Oleg Head of Machine Design Fundamentals
Department, Doctor of Technical Sciences, Chernigiv National
Technological University, Ukraine

Nyyazbekova Kulanda Candidate of pedagogical sciences,
Kazakhstan

Cheshmedzhieva Margarita Doctor of Law, South-West
University "Neofit Rilski", Bulgaria

Svetlana Peneva MD, dental prosthetics, Medical University
- Varna, Bulgaria

Rossikhin Vasilii Full dr., Doctor of Legal Sciences,
National Law University named after Yaroslav the Wise, Ukraine

Pikhtirova Alina PhD in Veterinary science, Sumy national
agrarian university, Ukraine

Temirbekova Sulukhan Dr. Sc. of Biology, Professor,
Federal State Scientific Institution All-Russia Selection-
Technological Institute of Horticulture and Nursery, Russian
Federation

Tsybaliuk Vitalii Professor, Doctor of Medicine, The State
Institution Romodanov Neurosurgery Institute National Academy
of Medical Sciences of Ukraine

CONTENTS

TRANSPORT

- Поліщук Володимир Петрович, Назребельна Людмила Павлівна*
 ФОРМУВАННЯ ПРИНЦИПІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В СИСТЕМІ
 „ПЕРЕГІН”..... 4

TELECOMMUNICATIONS ENGINEERING

- Крючкова Лариса Петрівна, Тарасенко Денис Олександрович*
 ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ ПОТОЧНОГО СТАНУ
 ІНФОКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ В УМОВАХ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ЗАВАД..... 12

ENGINEERING SCIENCES

- Salimov Vagif Hasan Oglu,*
 APPLICATION OF FUZZY ELECTRE METHOD WITH TRAPEZOIDAL FUZZY
 NUMBERS..... 19

- Salimov Vagif Hasan Oglu,*
 DECISION MAKING UNDER LINGUISTIC UNCERTAINTY CONDITIONS ON BASE OF
 GENERALIZED FUZZY NUMBERS..... 25

COMPUTER SCIENCE

- Borys Moroz, Gennady Shvachych, Valentyna Chorna, Nataliia Voroshylova*
 THE ENVIRONMENT DYNAMICS IDENTIFICATION BASED ON THE MODULAR
 COMPUTING COMPLEX..... 30

PHYSICS AND MATHEMATICS

- Albert Khachik Sahakyan*
 LIST COLORING OF BLOCK GRAPHS AND COMPLETE BIPARTITE GRAPHS..... 36

MEDICINE

- В. О. Костюк, О. М. Слободян*
 АНАТОМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАД-, ПІДОЧНОЯМКОВОГО ТА ПІДБОРІДНОГО
 ОТВОРІВ У ПЛОДІВ ТА НОВОНАРОДЖЕНИХ..... 44

- Hulii D. Ya., Voichuk O. H.*
 PERINATAL PECULIARITIES IN WOMEN WITH BENIGN OVARIAN TUMORS..... 50

- Камінський В'ячеслав Володимирович, Анастасія Валеріївна Сербенюк*
 ОСОБЛИВОСТІ МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛУ ЖІНОК ФЕРТИЛЬНОГО ВІКУ, ЩО
 ЗАЗНАЛИ КОНТУЗІЇ ПІД ЧАС БОЙОВИХ ДІЙ..... 57

- Месхия Наполеон Шалвович*
 К ВОПРОСУ ПРЕВЕНЦИИ И РАННЕЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ХАРАКТЕРА И ПРИЧИН
 ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ ПО ПОВОДУ
 РАЗЛИЧНЫХ КЛИНИКО-АНАТОМИЧЕСКИХ ФОРМ ТЯЖЕЛОЙ ЧЕРЕПНО-
 МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ..... 63

TRANSPORT

ФОРМУВАННЯ ПРИНЦИПІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО РУХУ В СИСТЕМІ „ПЕРЕГІН”

Поліщук Володимир Петрович,

Доктор технічних наук, професор, Кафедра транспортні системи та безпека дорожнього руху, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-3145-7225>

Нагребельна Людмила Павлівна,

Аспірант кафедри транспортні системи та безпека дорожнього руху Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут ім. М.П. Шульгіна» (ДП«ДерждорНДІ»), Начальник Центру безпеки дорожнього руху. м. Київ, Україна, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-5615-9075>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7652

ARTICLE INFO

Received: 04 June 2021

Accepted: 22 July 2021

Published: 30 August 2021

KEYWORDS

modeling methods, queuing theory, street and road network, traffic flow, traffic jam, system "flow input to the run - the movement of the flow on the race - the output of the flow from the race ("Distillation").

ABSTRACT

The development of road transport, both economically and socially, is of great importance for humanity. But along with the tremendous benefits and unlimited potential of road transport, there are many problems, particularly with its operation in human settlements, particularly in cities. These problems are related to the oversaturation of the road network of cities with road transport, which leads to a decrease in speed, congestion, increased travel time. Ensuring the required capacity of the site is the main indicator of creating conditions for the efficient functioning of the transport system of cities.

Each section has its own planning features that allow the car to move at an acceptable speed and at the same time not create any situations that could lead to the formation of congestion.

It is known that the lower the speed, the greater the time spent. Speed is one of the most important indicators of traffic flow. Any reduction in the speed of traffic flows compared to the permitted leads to economic losses. And if we consider the reduction of speed, taking into account the stop in motion (delay), it leads to much greater economic losses.

In order to improve traffic management on the main street and road network of the city, it is necessary to develop a simulation model of traffic flow. Modern simulation is used mainly to study situations and systems that can be described as queuing systems.

Based on the theory of queuing, where the movement of road transport is a random process, which is characterized by different probabilistic characteristics, the system "Overtaking" is considered. The flow of road transport is a flow of requirements, and the cross section of the road is a service apparatus. In this case, the entire road or a separate section can be shown as a set of infinitesimal segments or a set of cross sections of the road. As a result of this assumption, it follows that the entire road is a service apparatus for the traffic flow moving on it.

It is proved that the system of flow entry to the race - flow of the flow on the race - exit of the flow from the race ("Overflow") is an integral object of traffic control on the highway and the main road network of cities.

With the help of this system, the movement of vehicles during the formation of "bottlenecks" was analyzed and the efficiency of its work was proved.

The obtained results will help to determine the behavior of the traffic flow when changing the geometric parameters of the road and when changing the characteristics of the traffic flow.

However, it should be noted that one of the important aspects of the task of improving traffic management is its consideration from the standpoint of providing flexibility to take into account the state of flows and their possible changes in the road network, and only then, given this, it is necessary focus on the feasibility of implementing certain measures related to improving traffic management. The most effective measures are those that can maintain their effectiveness at different levels of road congestion.

Citation: Polishchuk V., Nahrebelna L. (2021) Formation of Road Traffic Management Principles in the System "Perehin". *World Science*. 8(69). doi: [10.31435/rsglobal_ws/30082021/7652](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7652)

Copyright: © 2021 Polishchuk V., Nahrebelna L. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

1. Вступ. Затримки транспорту можуть носити системний чи локальний характер. Системний характер безпосередньо пов'язаний із розплануванням міста. Локальний характер затримок пов'язаний із пропускною спроможністю транспортних вузлів та інших елементів вулично-дорожньої мережі і засобів організації дорожнього руху.

Транспортні затримки і довжина черги утворюються на вулично-дорожній мережі через різні перешкоди, які спричиняють вимушені зміни швидкості руху і збільшують часові витрати. Зниження швидкості руху і виникнення черги очікування призводить до появи затримки транспорту.

Заторові стани, часто виникають, довго тривають та займають значний простір, як правило є наслідком загальної нерозвиненості вулично-дорожньої мережі міст в цілому. Боротьба з ним потребує комплексних мір, що повинні застосовуватися не лише в місцях виникнення заторів, а й на дорожній мережі району, магістралі або населеного пункту [1-3].

Затор, сконцентрований в межах малої зони, робить вплив на інші транспортні потоки і у випадку, якщо інтенсивність руху перевищує пропускну спроможність, затор поширюється більш ширше. Щоб уникнути подібної ситуації необхідно розосереджувати затори з метою зменшення впливу на інші транспортні потоки.

Транспортні потоки характеризуються: інтенсивністю, складом, швидкістю, інтервалами між автомобілями, щільністю потоку. Внаслідок взаємодії автомобілів в потоці всі ці характеристики функціонально зв'язані один з одним.

Моделювання - один із найбільш розповсюджених методів дослідження процесів функціонування складних систем. Є досить велика кількість методів побудови математичних моделей і засобів реалізації моделюючих алгоритмів [4].

У теорії і практиці моделювання систем важливе місце посідають моделі систем масового обслуговування (СМО). Такі системи зустрічаються нам щоденно. Це процеси обслуговування в черзі на заправній станції, у магазині, бібліотеці, кафе, також різні служби ремонту і медичної допомоги, транспортні системи, аеропорти, вокзали тощо. Черги виникають і за потреби скористатись телефонним зв'язком або передати повідомлення по Інтернету. Більше того, будь-яке виробництво також можна подати як послідовність таких систем. Особливого значення СМО набули в інформатиці. Це системи, мережі передавання інформації, бази і банки даних.

Існує розвинутий математичний апарат теорії масового обслуговування (науковці західних країн цю теорією називають теорією черг), що дає змогу аналізувати ефективність функціонування СМО певних типів і визначати залежність між характеристиками потоку вимог, кількістю каналів (пристроїв для обслуговування), їх продуктивністю, правилами роботи СМО та її ефективністю.

Основи теорії масового обслуговування (ТМО) були закладені в працях датського математика, співпрацівника Копенгагенської телефонної компанії А.К. Ерланга (формулювання принципу статистичної рівноваги) і отримали подальшого розвитку в роботах багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених, таких як Т. Енгсет, Г.О. Делл, Е. Молін, О. Колмогоров, А. Хінчин, К. Пальм, Г. Башарін, А. Маркевич, Б. Лівшиц, Ю.М. Корнишев та ін. Системи масового обслуговування розглядалися у різних ситуаціях і за їх допомогою розв'язувалися багато задач з різних напрямків [5-11].

Для дослідження умов руху змішаного та складного транспортного потоку на магістральній вулично-дорожній мережі міста необхідно і достатньо розглянути систему «вхід потоку на перегін – рух потоку на перегоні – вихід потоку з перегону» («Перегін»).

2. Методика проведення досліджень.

Система «вхід потоку на перегін – рух потоку на перегоні – вихід потоку з перегону» («Перегін»)

Організація дорожнього руху вносить відповідні особливості взаємодії елементів системи «Перегін». Це пов'язане зі ступенем формування потоків на смугах проїзної частини

перегону за рахунок кількості смуг руху. Склад транспортного потоку є різним від легкових автомобілів до вантажних, великогабаритних і великовантажних автомобілів. Для фізичної реалізації таких схем організації дорожнього руху можливо використовувати технічні засоби організації дорожнього руху як постійної дії, так і зі змінною інформацією про характер руху на елементах системи «Перегін».

Узагальнюючи взаємодію елементів цієї системи її можна представити рисунком 1.

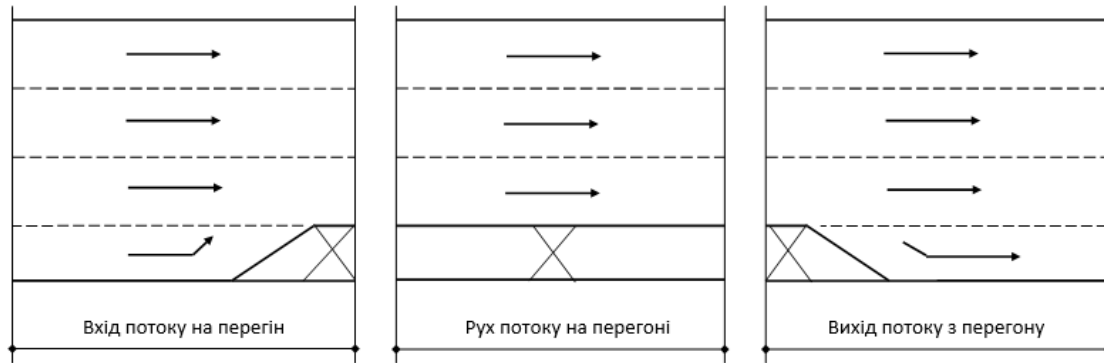


Рис. 1. Цілісний об'єкт управління рухом на автомобільній дорозі: система «Перегін».

3. Результат досліджень.

Елемент «вхід потоку на перегін»:

- на перегоні смуги руху не розділені суцільною лінією, що означає, що транспортні засоби різних типів рухаються у суцільному потоці, взаємодіють між собою, використовуючи всі смуги руху проїзної частини магістралі.

Елемент «вхід потоку на перегін» є найбільш складним як з фізичної точки зору, так і з погляду математичного опису даного процесу. Розглянемо його докладніше. Основною функцією, яку виконує даний елемент, є забезпечення вливання транспортного потоку, що сформувався на підході до перегону, або другорядного транспортного потоку в основний потік, що рухається зовнішньою смугою проїзної частини перегону головної дороги, а потім, в разі потреби, переміщується на інші смуги. Вливання другорядного потоку в основний відбувається в зоні *aa-вв* (рис. 2). При цьому слід сказати, що вливання другорядного потоку в основний можливо лише у тих випадках, коли в основному потоці є достатня кількість інтервалів між автомобілями, що дозволяють безпечно здійснення маневру вливання. Інакше другорядний потік утворюватиме чергу автомобілів, які чекатимуть появу такого інтервалу. Таким чином, елемент «вхід потоку на перегін» представляється найбільш складним у всій даній системі «Перегін».

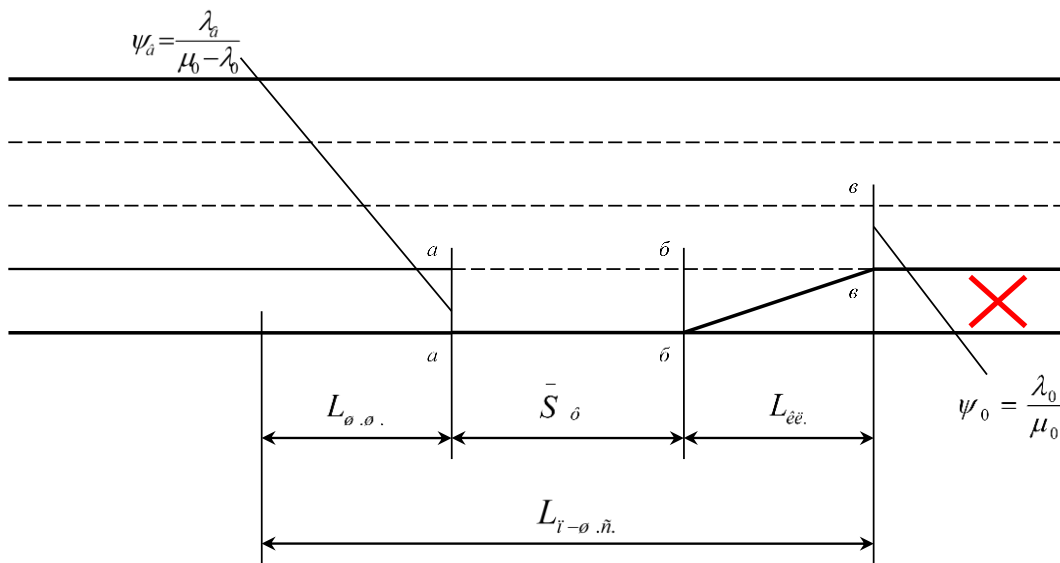


Рис. 2. Вхід потоку на перегін

Елемент «вхід потоку на перегін» є самостійною системою масового обслуговування. Покажемо це на прикладі (рисунок 2). Оскільки будь-яка система масового обслуговування характеризується наявністю потоку вимог або апаратом обслуговування, то необхідно чітко охарактеризувати дану систему [12].

У даній системі «вхід потоку на перегін» апаратом обслуговування є зона $aa - bb$, а точніше поперечний переріз крайньої смуги головної дороги, в якому здійснюється вливання другорядного потоку в основний. При такій постановці питання апарат обслуговування на головній дорозі проводитиме обслуговування відразу двох потоків вимог (автомобілів). Перший потік вимог є транспортний потік на основній дорозі її крайньої смуги і другий – транспортний потік, що входить на основну дорогу.

Фізичний вхід автомобілів до перегону відбувається за допомогою трьох смуг руху (рисунок 3).

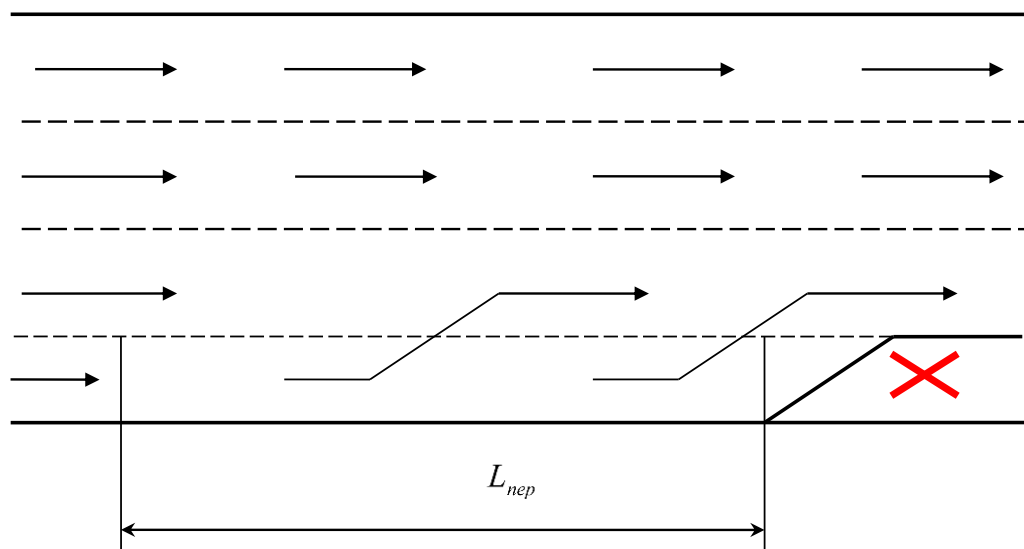


Рис. 3. Вхід на перегін за допомогою трьох смуг руху

Дана модель показує рух транспортних засобів у випадку, коли буде заборонено рух по одній смузі руху. Потік транспорту потрібно буде зганяти із закритої смуги руху. Для того, щоб не утворився затор потрібно знати відстань з якої потрібно починати зганяти транспорт із закритої смуги.

- формування входу потоку на перегін при умові коли заборонено рух по двох смугах руху (рисунок 4).

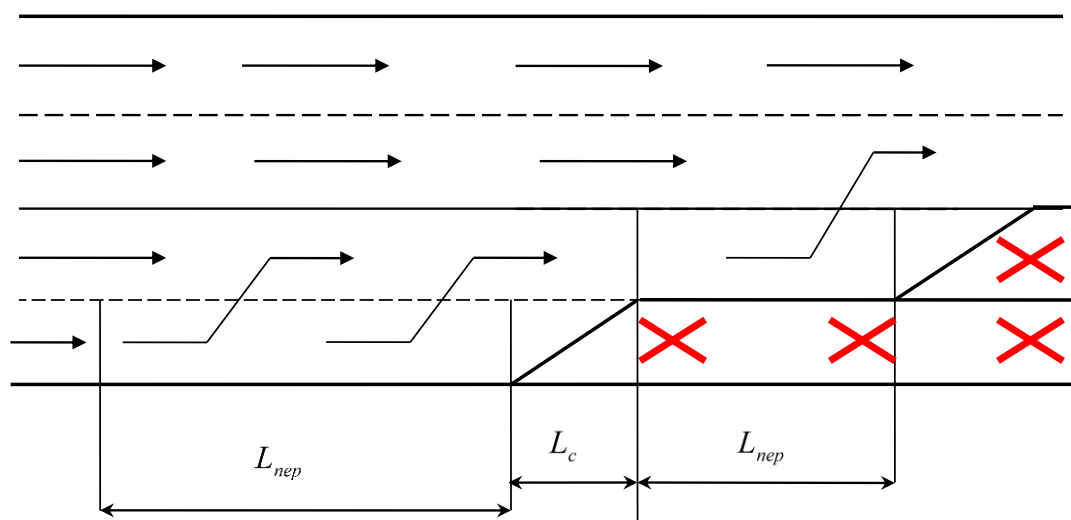


Рис. 4. Вхід на перегін за допомогою двох смуг руху

Автомобілі взаємодіють між собою, використовуючи обидві смуги руху. Надходження всіх типів транспортних засобів до перегону відбувається по чотирьох смугах. Але для того, щоб транспорт перемістився із двох закритих смуг на дві інші, необхідно ввести ділянку для переміщення транспорту з крайніх смуг на середню ($L_{пер.}$), яка починається після ділянки стабілізації потоку (L_c);

- формування входу потоку на перегін при умові коли заборонено рух по трьох смугах руху (рисунок 5).

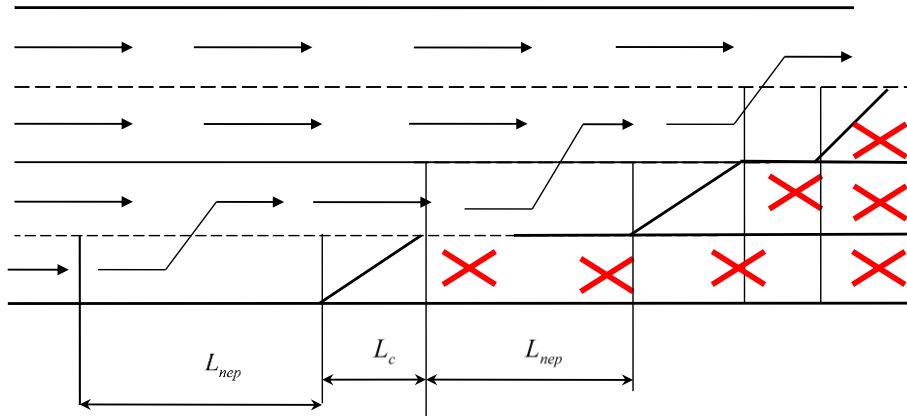


Рис. 5. Вхід на перегін за допомогою однієї смуги руху

Дана модель показує рух транспортних засобів у випадку, коли заборонено рух по трьох смугах руху. Транспортний потік потрібно перерозподіляти, переміщувати транспорт із трьох смуг в одну. Рух у такому випадку буде найбільш утрудненим.

Елемент „Рух потоку на перегоні”:

При розгляді ж руху потоку автомобілів, що знаходяться на перегоні автомагістралі слід прийти до висновку, що дуже велика кількість чинників зумовлює формування транспортного потоку на смугах руху з тими або іншими параметрами. До цих чинників необхідно віднести, у першу чергу довжину перегону, поздовжній похил, ширину проїзної частини та інші геометричні елементи, а також величину інтенсивності, склад транспортного потоку. Крім того, на формування потоку автомобілів на перегоні як потоку вимог, робить вплив не тільки потік автомобілів, що надійшов до перегону, але і автомобілі, що до нього раніше надійшли з попереднього перегону, а також ті маневри, які відбуваються при різних випадках входу потоку на перегін.

У зв'язку з такою постановкою питання передбачається можливим описати транспортний потік на перегоні, як стаціонарний ординарний потік з обмеженою післядією або рекурентний потік вимог. Обмежена післядія виражається в тому, що на опис потоку впливає автомобіль, що пройшов через довільно узятий поперечний переріз перегону у момент початку спостережень. Слід сказати, що стаціонарний ординарний потік з обмеженою післядією є узагальненням найпростішого потоку вимог (автомобілів).

У зв'язку з цим, можна стверджувати, що на перегоні відбувається трансформація транспортного потоку з найпростішого в рекурентний.

- 1) - формування потоків на перегоні відбувається по трьох смугах (рис. 6).

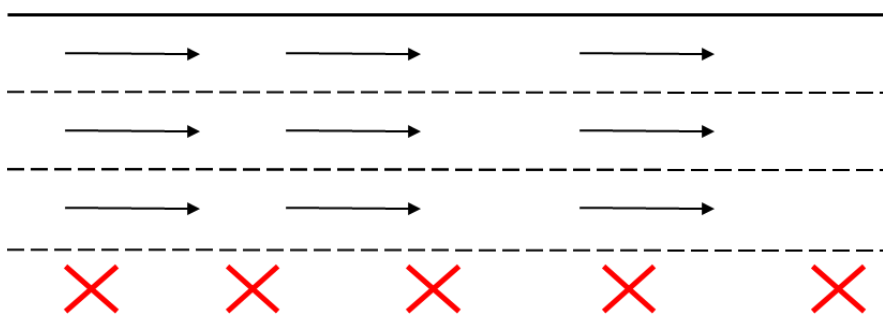


Рис. 6. Організація дорожнього руху на перегоні по трьох смугах руху.

На перегоні смуги руху не розділені суцільною лінією, це означає, що транспортні засоби різних типів рухаються у суцільному потоці, взаємодіють між собою, використовуючи всі смуги руху проїзної частини.

- 2) - формування потоків на перегоні відбувається по двох смугах (рис. 7).
Автомобілі взаємодіють між собою, використовуючи дві смуги руху;

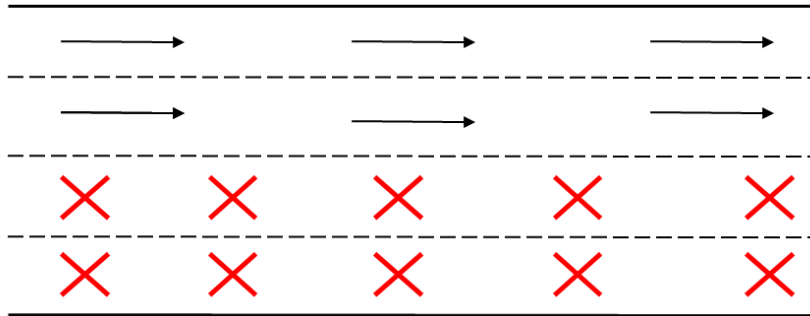


Рис. 7. Організація дорожнього руху на перегоні по двох смугах руху

- 3) - формування потоків на перегоні відбувається по одній смузі руху (рисунок 8)

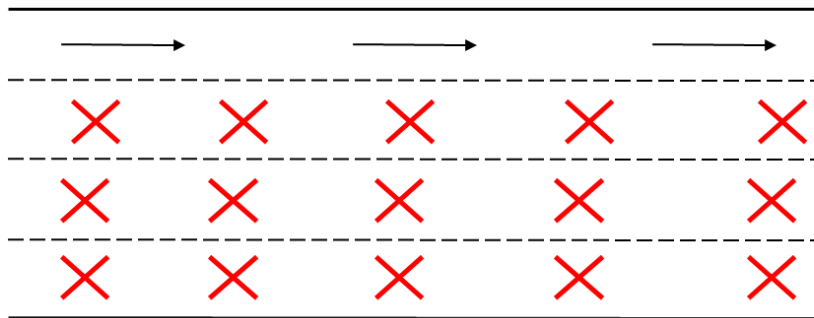


Рис. 8. Організація дорожнього руху на перегоні по одній смузі руху

В кінці перегону, де починається трансформація транспортного потоку з рекурентного у найпростіший для підготовки і здійснення виходу частини потоку різного складу з перегону, необхідно дослідити різні випадки улаштування елемента «вихід потоку з перегону».

Елемент «Вихід потоку з перегону»:

Розглянемо елемент „вихід потоку з перегону”, який є самостійною системою масового обслуговування.

На перегоні смуги руху не розділені суцільною лінією, що означає, що транспортні засоби різних типів рухаються у суцільному потоці, взаємодіють між собою, використовуючи всі смуги руху проїзної частини магістралі. схема „ виходу потоку з перегону” виглядатиме як на рисунок 9.

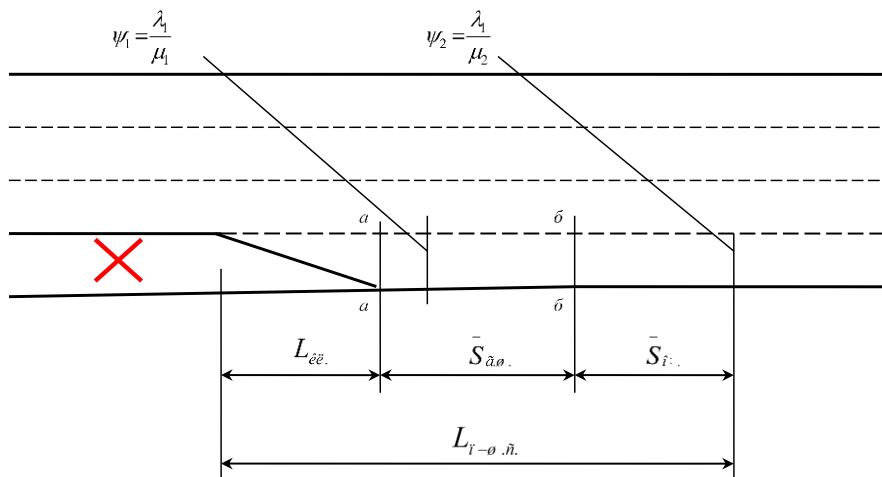


Рис. 9. Вихід потоку з перегону

Основний транспортний потік, що рухається зовнішньою смугою проїзної частини головної дороги, в зоні виходу потоку з перегону починає розподілятися, утворюючи при цьому два потоки. Один, основний, продовжує рух в прямому напрямі і другий, другорядний – поступає на вихід з перегону. Вхідний потік автомобілів на апарат обслуговування, яким є поперечний переріз крайньої смуги проїзної частини буде, як указувалося вище, простим, тобто стаціонарним ординарним без післядії. Пропускна здатність апарату обслуговування дорівнює одиниці, оскільки поперечний переріз смуги може обслуговувати одночасно тільки один автомобіль. По мірі звільнення апарату обслуговування від попереднього автомобіля до обслуговування приймається наступний за ним автомобіль. Таким чином, система є повнодоступною, а дисципліна обслуговування полягає в обслуговуванні вимог (автомобілів) у міру надходження із загальної черги.

Формування виходу потоку з перегону з трьох смуг та вхід у чотири смуги наведено на рисунку 10.

Фізично вихід транспортних засобів відбувається за допомогою трьох смуг. Транспортні засоби переміщуються по ширині проїзної частини вільно;

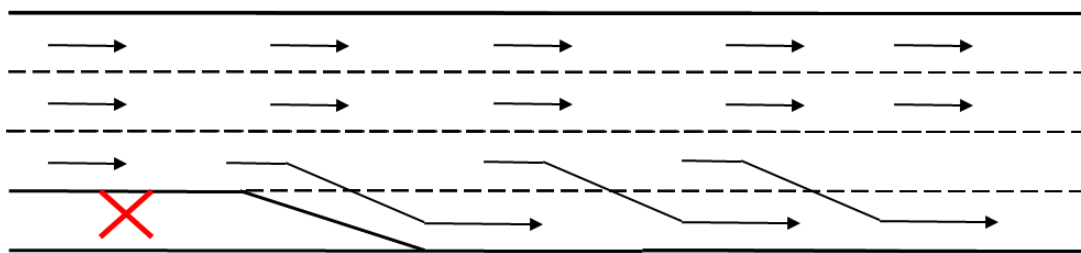


Рис. 10. Вихід потоку з перегону з трьох смуг та вхід у чотири смуги

Формування виходу потоку з перегону з двох смуг руху, та вхід у чотири смуги руху наведено на рисунку 11.

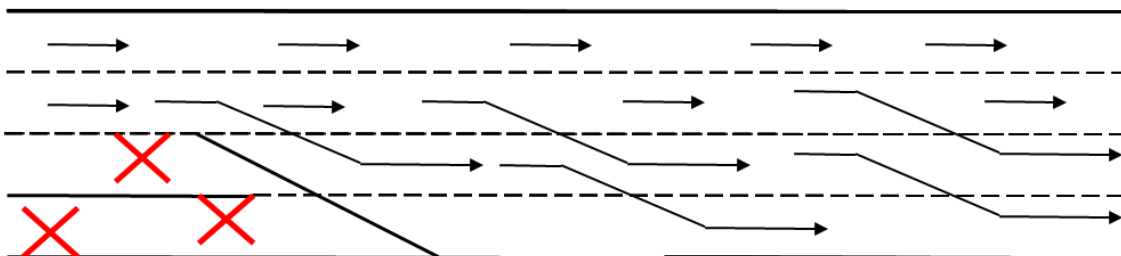


Рис. 11. Вихід потоку з перегону з двох смуг та вхід у чотири смуги

Формування виходу потоку з перегону з однієї смуги руху, та вхід у чотири смуги руху наведено на рисунку 12.

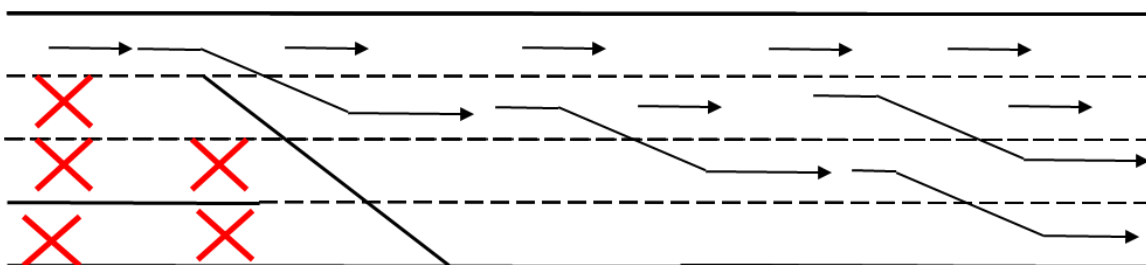


Рис. 12. Вихід потоку з перегону з однієї смуги та вхід у чотири смуги

Обидва потоки, що виходять, як основний, так і другорядний будуть простими, оскільки тут має місце ефект просіювання, коли закон розподілу імовірності появи буде той же, що і у вхідного потоку, проте параметри їх відрізняються від параметрів останнього, такого, що

утворив їх. Це важливо встановити, оскільки і основний, і другорядний потоки поступають в інші системи обслуговування [13-14].

4. Висновки. Отже, було розглянуто автомобільну дорогу як апарат обслуговування за допомогою теорії масового обслуговування.

Визначено основні показники системи масового обслуговування для пропуску транспортного потоку по одній смузі рух. Виявлено їхній вплив на утворення заторових станів. Доведено, що для удосконалення магістральної вулично-дорожньої мережі міст, за допомогою системи масового обслуговування, слід визначити всі ділянки доріг з великою інтенсивністю та розробити алгоритм швидкої ліквідації затору. Адже, на таких ділянках при виникненні будь-якого інциденту, що змусить перекрити смугу руху, є можливість утворенню затору.

Удосконалити управління дорожнім рухом, вплине на зменшення заторів у містах, покращить психофізіологічні стани водіїв, екологічний стан навколишнього середовища та зменшить економічні витрати країни.

Оскільки затор виникає у тому випадку, коли в транспортній мережі з'являються перегони «вузькі місця», тому, управління у вимушеному режимі руху, в першу чергу, має бути спрямоване на створення таких умов руху, при яких задовольняються обмеження для усіх перегонів вулично-дорожньої мережі.

Вироблення і впровадження заходів, пов'язаних з удосконалення управління дорожнім рухом повинні бути спрямовані, у першу чергу, на підвищення пропускну здатності головних транспортних артерій міста – магістральної вулично-дорожньої мережі з найбільш інтенсивним рухом і завантаженістю.

Разом з тим, слід зазначити, що одним із важливих аспектів задачі з удосконалення управління дорожнім рухом є її розгляд із позиції забезпечення гнучкості щодо врахування станів потоків та їх можливих змін на ділянках вулично-дорожньої мережі, і лише потім, з огляду на це, необхідно орієнтуватися на доцільності впровадження тих чи інших заходів.

Найбільш ефективні заходи це ті, які можуть зберігати свою ефективність при різних рівнях завантаженості доріг.

REFERENCES

1. Do pytannia pro zatory na vulychno-dorozhniy merezhi mist prof. Polishchuk V.P., aspirant Nahrebelna L.P. S. 292, LXXIV naukova konferentsiia profesorsko-vykladatskoho skladu, aspirantiv, studentiv ta spivrobotnykiv vidokremlyenykh strukturnykh pidrozdiliv universytetu. – K.: NTU, 2018. – 564 s.
2. Driu D. Teoriya transportnykh potokov y upravlenye ymy / D. Driu – M.: Transport, 1972. – 424 s.
3. Polishchuk, V. P., Nagrebelna, L. P. (2019). Problemy sychasnogo mista [Problems of the modern city]. Kyiv, Visnyk NTU, 3, 43, 2019, 136–142. DOI: 10.33744/2308-6645-2019-1-43-136-142.
4. Nahrebelna L.P. (DP «DerzhdorNDI») «Vybir modeli dlya doslidzhennya transportnoho potoku na vulychno-dorozhniy merezhi mist Ukrainy» Avtoshlyakhovyk Ukrainy, # 3 (259), 2019 S. 30-33. doi: 10.33868/0365-8392-2019-3-259-30-33.
5. Ynosэ Kh. Upravlenye dorozhnym dvyzhenyem; per. s anhl. / Kh. Ynosэ, T. Khamada // pod red. M.Ya. Blynkyna – M.: Transport, 1983 – 248 s.
6. Vrubel Yu.A. Orhanyzatsiya dorozhnoho dvyzheniya. V dvukh chastiakh. Chast 2. / Yu.A. Vrubel. – Mynsk: Belorusskiy fond bezopasnosti dorozhnoho dvyzheniya, 1996. – 306 s
7. Tomashevskiy V.N. Ymytatsyonnyi proekt avtomobylnoho dorozhnoho dvyzheniya / V.N. Tomashevskiy, D.S. Pechenezhskiy // Radioelektronika. Informatyka. Upravlinnia. – 2001. – №1. – S. 117-122.
8. Nahrebelna L.P. (DP «DerzhdorNDI») «Vybir modeli dlya doslidzhennya transportnoho potoku na vulychno-dorozhniy merezhi mist Ukrainy» Avtoshlyakhovyk Ukrainy, № 3 (259), 2019 S. 30-33. DOI: 10.33868/0365-8392-2019-3-259-30-33
9. Takha Khemdy A. Vvedenye v yssledovanye operatsiy / Khemdy A. Takha. – 7-e yzd.: Per. s anhl. – M.: Yzdatelskiy dom «Vyliams», 2005. – 912 s.
10. Cremer V., Lydwig J. A fast simylation model for traffic flow on the basis of Boolean operations // Math. Comp Simul. 1986. V. 28.H.297-303
11. Wardrop J.G. The capacity of road. «Oper. Res. Quart.» № 5, 1954, 19-24
12. L. Nahrebelna, V. Polishchuk Use of queuing theory for improvement of traffic management on the main street and road network of cities. INTERNATIONAL ACADEMY JOURNAL «Web of Scholar». 4(46), 2020.
13. Polishchuk V.P., Krasyl'nikova O.V. Otsinka stanu transportnoho potoku v umovakh funktsionuvannya ASUR. Mizhvid. nauk.-tekhn. zb. Vyp. 63. – K., NTU. 2001. – S. 354 – 357.
14. Polishchuk V.P., Krasyl'nikova O.V. Vyznachennya propusknoyi zdatsnosti dorohy v umovakh funktsionuvannya ASUR. Zb. nauk. prats' „Avtodorozhniy kompleks Ukrainy v suchasnykh umovakh: problemy i shlyakhy rozvytku”. PVKP. – K., 1998. – S. 297– 299.

TELECOMMUNICATIONS ENGINEERING

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЮ ПОТОЧНОГО СТАНУ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ В УМОВАХ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ЗАВАД

Д.т.н., **Крючкова Лариса Петрівна**, професор кафедри систем інформаційного та кібернетичного захисту, Державний університет телекомунікацій, м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8509-6659>

Тарасенко Денис Олександрович, аспірант, Державний університет телекомунікацій, м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5730-7917>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7653

ARTICLE INFO

Received: 11 June 2021
Accepted: 25 July 2021
Published: 30 August 2021

KEYWORDS

infocommunication network, parameters, control, entropy, information.

ABSTRACT

The processes of information support of situational management of infocommunication networks in the conditions of influence of external disturbances are considered in the work. The expediency of using the mathematical apparatus of information theory for the analysis of processes of control of parameters of infocommunication networks is substantiated. It is shown that periodic multiple sequential control of the parameters of the infocommunication network provides determination of the state of the network under the influence of external interference and the probability of its transition to a new state in the near future. The entropy of the controlled process changes with changing quantization step and multiple successive measurements. It is noted that in the case of periodic multiple consecutive control, the object is constantly in transition in terms of information. The entropy value of an object can be considered determined only for some short periods of time between measurements or when information about the object is not received. An important condition for improving the quality of control is to reduce and completely eliminate delays in the information process.

Citation: Kriuchkova L. P., Tarasenko D. O. (2021) Information Support of the Current State Control of Infocommunication Network in Conditions of External Interference Influence. *World Science*. 8(69). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30082021/7653

Copyright: © 2021 **Kriuchkova L. P., Tarasenko D. O.** This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Постановка проблеми. Одним з ключових напрямків розвитку сучасного суспільства є формування інтегрованого інформаційного простору на основі новітніх інформаційних технологій. Потреба підвищення пропускнуєї спроможності та швидкодії інфокомунікаційних мереж постійно зростає. Управління інфокомунікаційними мережами, що функціонують в різних фізичних середовищах і зовнішніх умовах, є дуже важливою проблемою як з позицій розробки системи управління, так і з позицій реалізації управління в процесі функціонування інфокомунікаційної мережі.

Основна складність, що виникає при управлінні інфокомунікаційною мережею, – невизначеність і недостатність апріорної інформації про об'єкт управління, наявність невідомих факторів, що суттєво впливають на його поведінку, і, як наслідок, проблематичність побудови його адекватної аналітичної моделі. Додаткові складнощі виникають при управлінні інфокомунікаційними мережами в умовах впливу зовнішніх завад, створюваних спеціалізованими технічними засобами [1].

Деструктивні впливи спрямовуються на руйнування інформаційних потоків, що циркулюють між елементами мережі; зниження швидкості інформаційного обміну між елементами системи управління, що суттєво збільшує тривалість циклу управління і, як наслідок, знижує ефективність управління мережею; забезпечення достатньо масованого і довготривалого виведення з ладу мережевих технічних засобів.

Створення систем, апріорно орієнтованих для роботи в умовах неповноти інформації, вимагає залучення нетрадиційних підходів до управління із застосуванням методів та технологій штучного інтелекту. Актуальним завданням є розробка науково-обґрунтованих методів і технічних рішень для систем зв'язку, здатних забезпечити завадостійке приймання дискретної інформації в умовах інтенсивного впливу зовнішніх завад, та форм і способів упереджувальної протидії впливам різних дестабілізуючих і деструктивних чинників з боку навколишнього середовища як ненавмисного, так і навмисного характеру. В зв'язку з цим все більш актуальним стає завдання оцінки поточного стану інфокомунікаційної мережі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Виходячи з сучасних наукових концепцій, процеси керування інфокомунікаційними мережами розгортаються у просторі та часі і нерозривно пов'язані з процесами перетворення речовини, енергії та інформації. Це обумовлює доцільність використання математичного апарату теорії інформації для аналізу процесів автоматизованого контролю та керування [2]. Базовим поняттям теорії інформації є поняття ентропії як міри невизначеності деякої ситуації, математично точний зміст якого випливає з робіт К. Шеннона [3].

Використання поняття ентропії в математиці дозволило отримати ряд значних результатів. Так, в теорії оцінювання шляхом максимізації ентропії встановлені робастність оцінок, досягнення дисперсіями нижньої межі в нерівності Рао-Крамера. Здійснено ряд досліджень та узагальнень ентропії [4-7]. Метод максимуму ентропії застосовано для знаходження функцій розподілу фізичних величин. Ентропійні методи успішно застосовують при моделюванні систем з великим числом рівномірних станів.

Ентропія, як міра різноманітності і організованості системи, перш за все, характеризує ступінь її невизначеності (детермінованості). Система вважається тим більш детермінованою, чим менше значення її ентропії, тобто чим ближче величина H до нуля. Це відбувається в тому випадку, коли одне з можливих станів системи має дуже високу ймовірність (частоту) прояви.

Ентропію також можна розглядати в якості міри розсіювання, і в цьому сенсі вона подібна до статистичного поняття "дисперсія". Але якщо дисперсія є адекватною мірою розсіювання тільки для спеціальних розподілів ймовірностей випадкових величин (зокрема, для розподілу Гауса), то ентропія не залежить від типу розподілу. Крім того, ентропія має і ряд інших корисних властивостей. По-перше, невизначеність будь-якої системи зростає із зростанням числа можливих результатів. А, по-друге, міра невизначеності має властивість адитивності.

Статичний підхід до рішення задач контролю і управління базується на визначенні кількості інформації I , яку необхідно ввести в контур керування для зменшення ентропії об'єкта керування H від деякого початкового значення H_0 до кінцевого значення H_y [4]. Однак динаміка процесу керування при такому підході залишається прихованою, що не дає можливості встановити необхідний час керування, закономірності зменшення ентропії та співвідношення між основними показниками процесу керування.

Мета дослідження – обґрунтування інформаційних параметрів при автоматизованому контролі поточного стану інфокомунікаційної мережі в умовах впливу зовнішніх завад.

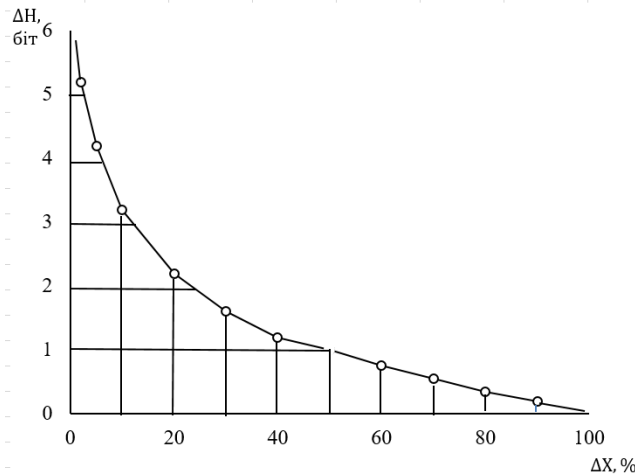
Виклад основного матеріалу дослідження. Контроль системою управління поточного стану інфокомунікаційної мережі (ІКМ) здійснюється на базі інформації про величини контрольованих параметрів і зони їх допустимого відхилення. Контрольовані параметри ІКМ і оточуючого середовища в складних умовах сигнальної і заводої обстановки є випадковими інформаційними процесами.

Ентропію нормально розподіленого процесу при змінюваному кроці квантування визначають за рівнянням:

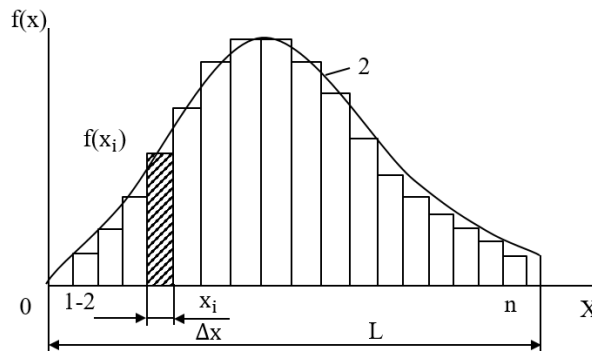
$$H(x) = \log \frac{\sigma_x \sqrt{2\pi e}}{\Delta x}, \quad (1)$$

де Δx – крок квантування, σ_x – середньоквадратичне відхилення параметра, що вимірюється.

На рис. 1, а) наведено криву зміни ентропії в залежності від кроку квантування для дискретного процесу. Слід зазначити, ця залежність справедлива і для неперервно розподіленого процесу, який контролюється з інтервалом Δx . При цьому всередині кроку квантування Δx процес замінюється однією точкою і його стани всередині інтервалу не відрізняються. Відповідно, неперервний контроль зводиться до дискретного. При $\Delta x = 100\%$ зміна ентропії $\Delta H=0$, і навпаки при $\Delta x \rightarrow 0 \rightarrow \Delta H = \infty$.



а)



б)

Рис. 1 – Ентропія контрольованого процесу при змінюваному кроці квантування:
 а) – зміна ентропії (інформація), біт;
 б) – гістограма нормально розподіленого процесу.

При автоматичному вимірюванні параметрів в умовах впливу зовнішніх завад величина Δx повинна бути надійно відділена від завад. Якщо контрольований параметр вимірюється із запізнюванням τ_3 , то в момент отримання інформації невизначеність буде вища, ніж за відсутності запізнювання. Нехай координата x контрольованого параметра являється стаціонарним та нормально розподіленим випадковим процесом $x(t)$ на відрізку T . Його кореляційна функція $K_x(\tau)$ відома і затухає за період τ_0 . Прийнемо, що в момент вимірювання t_0 і за відсутності запізнювання ентропія контрольованого процесу $H_{кп}$, а до вимірювання ентропія неконтрольованого процесу була $H_{нп}$. При вимірюванні отримувана кількість інформації буде дорівнювати різниці ентропій:

$$J = H_{нп}(x) - H_{кп}(x). \tag{2}$$

Після вимірювання ентропія $H_{кп}(x)$ не залишається постійною, а неперервно зростає, поки не досягне значення $H_{нп}(x)$ (рис. 2). Величина J також змінюється у часі, тому що у рівнянні (2) змінюється $H_{кп}(x)$.

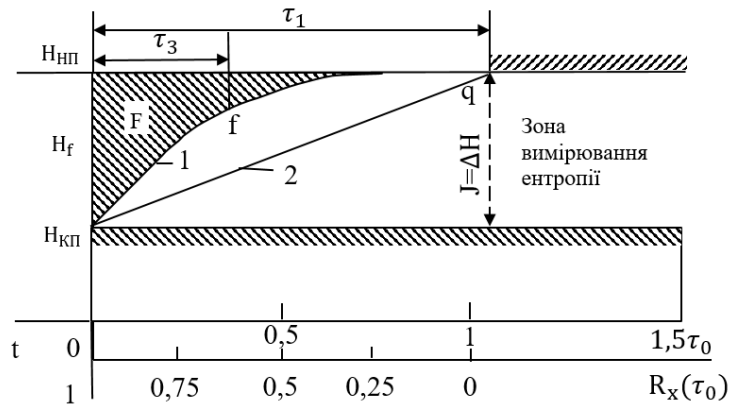


Рис. 2. Траєкторії зміни ентропії після контролю

З часом після вимірювання визначеність системи знижується. Це обумовлено тим, що кореляція між значенням випадкового процесу в t_0 і t_k згасає, і робити висновки про стан системи в момент часу t_k по вимірюванню, проведеному в t_0 достовірно не можна. Кількість інформації для цього випадку [8]:

$$J = -\frac{1}{2} \log(1 - r^2), \tag{3}$$

де r – коефіцієнт кореляції між x та y ;

$$r = \frac{1}{\sigma_x \sigma_y} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} (x - m_x)(y - m_y) f(x, y) dx dy.$$

Функція щільності ймовірності для цього випадку:

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sqrt{1-r^2}} \exp \left\{ -\frac{1}{2(1-r^2)} \times \left[\frac{(x - m_x)^2}{\sigma_x^2} - \frac{2r(x - m_x)(y - m_y)}{\sigma_x\sigma_y} + \frac{(y - m_y)^2}{\sigma_y^2} \right] \right\}$$

Важливою умовою підвищення якості контролю являється зниження і повне усунення запізнювання в інформаційному процесі. Проілюструємо це положення.

Нехай стаціонарний випадковий процес $x(t)$ контролюється із запізнюванням t_3 в момент $x_1(t - \tau_3)$. Коефіцієнт кореляції між $x(t)$ і $x_1(t - \tau_3)$:

$$r = \frac{1}{\sigma_x^2} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} [x(t) - m_x][x_1(t - \tau_3) - m_x] f(x_1 x_2) dx dx_1 = \frac{K_x(\tau)}{K_x(0)} = R_x(\tau),$$

де $R_x(\tau)$ – нормована кореляційна функція (при $R(0) = \sigma_x^2 = D_x$); $K_x(\tau)$ – кореляційна функція процесу $x(t)$.

Підставляючи $R_x(\tau)$ в формулу (3), отримаємо:

$$J_x = -\frac{1}{2} \log[1 - R_x^2(\tau)]. \tag{4}$$

З рівняння (4) видно, що при $R_x(\tau) = 1$ $J_x = -\infty$; при $R_x(\tau) = 0$ $J_x = 0$, тобто при зміні $0 \leq \tau_3 \leq \tau_0$ інформація $0 \leq J_x \leq -\infty$.

Фізично зміну інформації в межах від нуля до нескінченності можна пояснити наступним чином. При вимірюванні мають справу з двома системами: X_0 і X_3 . Практично за наявності запізнювання не вдається виміряти інформаційні параметри системи X_0 і про неї роблять висновки за параметрами системи X_3 , які корелюють з X_0 . За умови відсутності запізнювання проводились би вимірювання параметрів X_0 і коефіцієнт кореляції був би рівним одиниці (подія достовірна). По мірі збільшення запізнювання коефіцієнт кореляції знижується, а разом з ним знижується і достовірність отримання інформації про систему X_0 через X_3 . При $\tau_3 = \tau_0$ (τ_0 – глибина кореляційного зв'язку) кореляційний зв'язок порушується, і системи X_0 і X_3 стають в інформаційному відношенні незалежними. Тому інформація про стан системи X_0 через X_3 при $\tau_3 > \tau_0$ стає рівною нулю.

Якщо вимірювання проводиться без запізнювання, то реєструють параметри X_0 . Інформація про систему з неперервною множиною станів при абсолютно точному вимірі ($\Delta x = 0$) становить $J_x = -\infty$. Однак в практичних випадках $\Delta x \neq 0$, тому що прилади мають зону нечутливості і вимір завжди здійснюється з деяким запізненням $\tau_3 = A_t$, яке залежить від способу і апаратури вимірювання. Тому $J_x \neq -\infty$, а має кінцеве значення.

Для аналізу змінювання ентропії процесу всередині інтервалу $0 - \tau_0$ необхідно знати кількісне вираження кореляційної функції $R_x(\tau)$. На рис. 2 показана траєкторія зміни ентропії контрольованого процесу в інтервалі $0 - \tau_0$ при нормованій кореляційній функції процесу. Якщо вимірювання здійснюється без запізнювання, то в момент $t = 0$ (коли проводиться вимірювання) ентропія змінюється стрибком від $H_{\text{нп}}$ до $H_{\text{кп}}$. З часом $H_{\text{кп}} \rightarrow H_{\text{нп}}$. Якщо вимірювання здійснюється із запізненням τ_3 , то визначають ентропію H_f , яка суттєво вища за $H_{\text{кп}}$. Крива зміни ентропії в часі після вимірювання залежить від кореляційної функції процесу і перебуває в зоні між експонентою 1 і прямою 2.

Якщо ІКМ вимушена функціонувати в умовах впливу зовнішніх завад і ентропія контрольованого процесу змінюється в часі, необхідно здійснювати багаторазовий контроль параметрів. В результаті послідовних вимірювань ентропія контрольованого процесу періодично (в моменти вимірювань) ступеневно знижується. Тому при багаторазовому контролі важливо вміти визначати: максимальне значення ентропії $H_{\text{max}}(x)$ та інформації, отриманої при вимірюванні $J_{x \text{ max}}$; мінімальне значення ентропії $H_{\text{min}}(x)$ та інформації $J_{x \text{ min}}$, середнє значення ентропії $H_{\text{cp}}(x)$ та інформації $J_{x \text{ cp}}$.

Слід зазначити, що при періодичному багаторазовому послідовному контролі об'єкт контролю в інформаційному відношенні постійно знаходиться в перехідному режимі. Значення ентропії об'єкта можна вважати визначеним лише на деяких коротких відрізках часу між вимірюваннями або в тому випадку, коли інформація про об'єкт не надходить, тобто $J_x = 0$.

Важливо методологічно розрізнити дисперсію контрольованого процесу (КП) і дисперсію вимірювання КП. Контрольований процес в момент вимірювання об'єктивно має дисперсію $D_{\text{кп}x} = \sigma_{\text{кп}x}^2$, яку в результаті контролю (тільки контролю, а не керування) змінити не можна. Існують також об'єктивна ентропія $H_{\text{кп}}(x)$ контрольованого процесу по координаті x та ентропія з елементами суб'єктивізму, який накладається людиною в момент вимірювання (звіту показів приладу, сприйняття інформації тощо).

Тому ентропія КП при вимірюванні без завад буде об'єктивною $H_{\text{кп}}(x)$, а при наявності завад зі сторони оператора і приладів певною мірою суб'єктивною $H'_{\text{кп}}(x)$. Ступінь суб'єктивності $H'_{\text{кп}}(x)$ залежить від кваліфікації, навичок і досвіду оператора, а кількісне розрізнення величин $H_{\text{кп}}(x)$ та $H'_{\text{кп}}(x)$ визначається похибками технічних засобів вимірювання і оператора. Тому у всіх випадках дотримується нерівність:

$$H'_{\text{кп}}(x) \geq H_{\text{кп}}(x).$$

Таким чином, невизначеність процесу після вимірювання може бути більшою або дорівнювати істинній невизначеності процесу, що вимірюється в даний момент часу.

Отримуючи в момент вимірювання інформацію про параметри ІКМ, можна знати все (що можливо) точно і отримати ентропію контрольованого процесу $H_{\text{кп}}(x)$; знати все, але не точно, при ентропії контрольованого процесу $H'_{\text{кп}}(x)$; не отримувати додаткової інформації і мати початкову ентропію $H_{\text{кп}}^0(x)$; отримати дезінформацію і збільшити ентропію до величини $H_{\text{кп}}^{\text{п}}(x)$. Всі названі ентропії знаходяться у співвідношенні:

$$H_{\text{кп}}^{\text{п}}(x) > H_{\text{кп}}^0(x) > H'_{\text{кп}}(x) > H_{\text{кп}}(x).$$

В цьому випадку ентропії відображають міру незнання у поведінці ІКМ і міру невизначеності у функціонуванні.

При контролі параметрів ІКМ ми дізнаємось, в якому стані знаходиться мережа в даний момент і яка ймовірність її переходу в новий стан в найближчому майбутньому. Кількість можливих станів мережі при цьому не змінюється. Наприклад, контрольований параметр змінюється в межах $a \leq x^0 \leq b$. В момент вимірювання він виявився рівним a . Знаючи, швидкість зміни контрольованого параметра $dx^0/dt = c$, можна передбачити, що за час t він

не зміниться більше, ніж на $\Delta x^0 = ct$. Таким чином, при контролі можна встановити, яке значення параметра в цей момент і яка ймовірність його зміни в найближчому майбутньому.

Ентропія при контролі характеризує число можливих станів об'єкта. При контролі вона змінюється на величину:

$$J_x = H_{\text{КП}}(x) - H'_{\text{КП}}(x),$$

де J_x – кількість інформації, яка міститься в сигналі вимірювання.

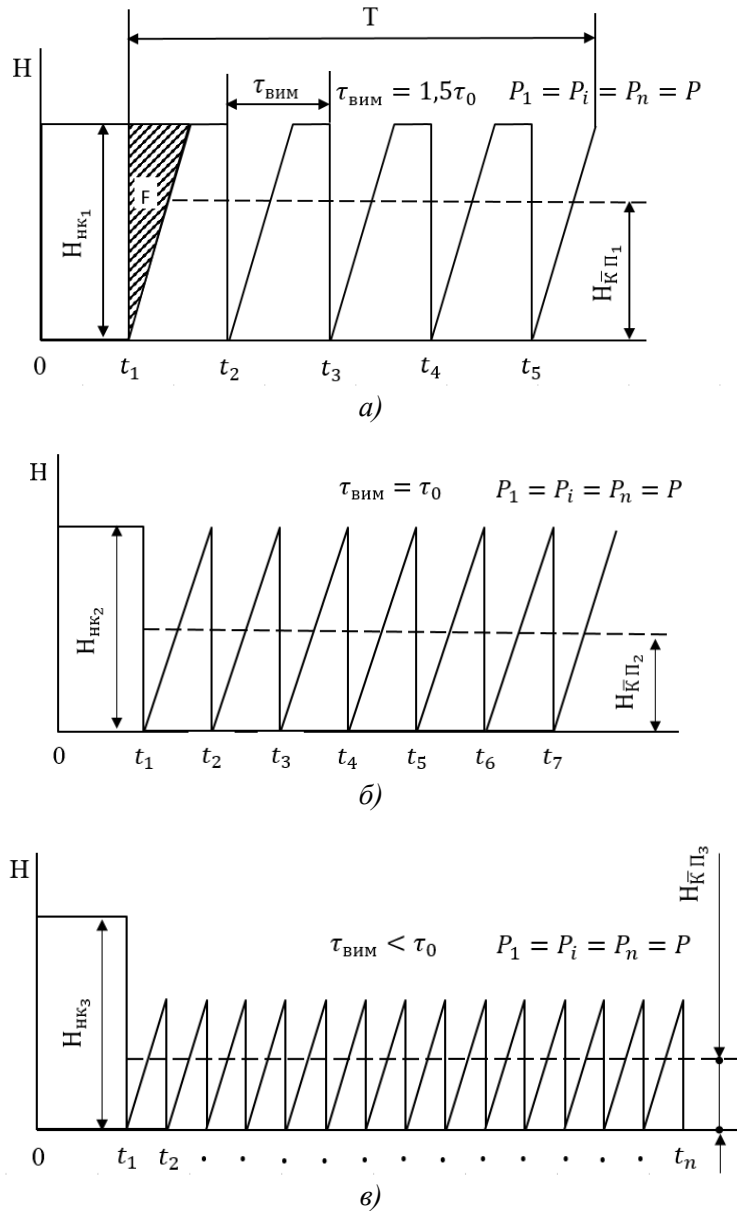


Рис. 3. Ентропія при багаторазовому контролі при $P_1 = P_2 = P_3 = P$; а) – $\tau_{\text{ВИМ}} > \tau_0$; б) – $\tau_{\text{ВИМ}} = \tau_0$; в) – $\tau_{\text{ВИМ}} < \tau_0$

Як змінюється ентропія контрольованого параметра при багаторазових послідовних вимірюваннях проілюстровано на рис. 3.

В перших трьох випадках отримання інформації проходить без запізнювання, при рівноімовірних станах параметра, $P_1 = P_2 = \dots = P_i = \dots = P_n$. Змінюється тільки інтервал контролю. Для першого випадку (рис. 3, а) $\tau_{\text{ВИМ}} > \tau_0$, для другого (рис. 3, б) $\tau_{\text{ВИМ}} = \tau_0$, для третього (рис. 3, в) $\tau_{\text{ВИМ}} < \tau_0$.

Ентропія процесу у всіх трьох випадках змінюється ступенево. В момент вимірювання ентропія знижується на величину $\Delta H = H_{\text{нп}} - H_{\text{кп}}$ (вісь абсцис суміщена з $H_{\text{кп}}$), а потім вона зростає з часом і досягає (або не досягає) значення $H_{\text{нп}}$, в залежності від того, в який момент часу здійснюється наступне вимірювання. Для спрощення змінювання ентропії між контрольними вимірами апроксимовано лінійною функцією.

Середнє значення ентропії $\overline{H_{\text{кп}_{1-3}}}$ параметра контрольованого процесу характеризує міру визначеності (організованості) КП. Середнє значення ентропії $\overline{H_{\text{кп}_{1-3}}}$ залежить від числа вимірювань на відріжку часу T . Чим частіше проводяться вимірювання, тим нижча середня ентропія процесу (наближається до значення $H_{\text{кп}}$). В наведених трьох випадках частоти контролю знаходяться у співвідношенні $\omega_1 < \omega_2 < \omega_3$, відповідно середні ентропії $\overline{H_{\text{нк}_1}} > \overline{H_{\text{нк}_2}} > \overline{H_{\text{нк}_3}}$.

Кількісно середню ентропію контрольованого процесу можна визначити за площею F зниження ентропії при контролі та частоті вимірювання ω на інтервалі контролю T [8]:

$$\overline{H_{\text{кп}}} = H_{\text{нк}} - J(t) = H_{\text{нк}} - \frac{1}{T} \sum_1^m \left\{ -\frac{1}{2} \int_0^{\tau} \log[(1 - R_x^2(\tau))n] d\tau \right\}$$

при $\tau < \tau_0$,

де $\omega = m/T$ – частота контролю; n – число рівномірних станів параметра; τ_0 – глибина кореляційного зв'язку випадкового процесу.

Висновки. Потреба забезпечення якісного функціонування сучасних інфокомунікаційних мереж в умовах впливу зовнішніх завад обумовлює необхідність контролю параметрів мережі і зовнішнього середовища.

Для аналізу процесів контролю параметрів інфокомунікаційних мереж доцільним є використання математичного апарату теорії інформації.

Періодичний багаторазовий послідовний контроль параметрів інфокомунікаційної мережі забезпечує визначення стану мережі в умовах впливу зовнішніх завад і ймовірність її переходу в новий стан в найближчому майбутньому.

Важливою умовою підвищення якості контролю являється зниження і повне усунення запізнювання в інформаційному процесі.

При періодичному багаторазовому послідовному контролі об'єкт в інформаційному відношенні постійно знаходиться в перехідному режимі. Значення ентропії об'єкта можна вважати визначеним лише на деяких коротких відрізках часу між вимірюваннями або в тому випадку, коли інформація про об'єкт не надходить, тобто $J_x = 0$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kriuchkova L.P. Problemy funktsionuvannya infokomunikatsiinykh merezh v umovakh destruktivnykh vplyviv [Problems of functional and informational measures in the minds of destructive impressions]: Monohrafiia. – K.: DUT, 2016.-72 c. (In Ukrainian).
2. Boyun V.P. Dinamicheskaya teoriya informacii. Osnovy i prilozheniya [Dynamic information theory. Basics and applications] / V.P. Boyun. – K: Institut kibernetiki im. V.M. Glushkova NAN Ukrainy, 2001. – 326 c. (In Russian).
3. SHennon K.E. Raboty po teorii informacii i kibernetike [Works on information theory and cybernetics] / K.E. SHennon; per. S angl. – M.: Izd-vo inostr. Lit., 1963. – 829 c (In Russian).
4. SHumak O.V. Entropii i fraktaly v analize dannyh [Entropies and fractals in data analysis] / O.V. SHumak. – M. – Izhevsk: RHD, 2011. (In Russian).
5. Osipov A.I. Entropiya i ee rol' v nauke [Entropy and her role in science] / A.I. Osipov, A.V. Uvarov // Sorosovskij obrazovatel'nyj zhurnal. – 2004. – T.8. – №1. – С. 70–79. (In Russian).
6. Prangishvili I.V. Entropijnye i drugie sistemnye zakonomernosti: Voprosy upravleniya slozhnymi sistemami [Entropy and other systemic patterns: Issues of managing complex systems / I.V. Prangishvili; In-t problem upravleniya im. V.A. Trapeznikova. – M.: Nauka, 2003. (In Russian).
7. Pohonets I.O. Teoriia entropii dzherel informatsii ta yii zastosuvannya v zadachakh shtuchnoho intelektu [The theory of entropy of information sources and its application in artificial intelligence problems] / I.O. Pohonets // Shtuchnyi intelekt 1'2009. С.56-61. (In Ukrainian)
8. Novoselov O.N. Osnovy teorii i rascheta informacionno-izmeritel'nyh system [Fundamentals of the theory and calculation of information-measuring systems] / O.N. Novoselov, A.F. Fomin. - M.: Mashinostroenie. 2-e izd., 1991. – 336 c (In Russian).

ENGINEERING SCIENCES

APPLICATION OF FUZZY ELECTRE METHOD WITH TRAPEZOIDAL FUZZY NUMBERS

Ph.D., *Salimov Vagif Hasan Oglu*, assoc. prof. of "Computer engineering department" Azerbaijan state oil and industry university, Baku, Azerbaijan Republic,
ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-0590-5437>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7654

ARTICLE INFO

Received: 16 June 2021
Accepted: 05 August 2021
Published: 30 August 2021

KEYWORDS

multi-criteria decision making,
alternative, criterion, fuzzy
ELECTRE method, pairwise,
concordance, discordance.

ABSTRACT

The article is devoted to the problem of multi-criteria decision-making. Methods for solving this problem can be divided into two large groups: methods using the aggregation of all alternatives according to all criteria and the solution of the resulting single-criterion problem. The second group is associated with the procedure of pairwise comparisons and stepwise aggregation. The first group includes methods: weighted average sum, product and their various modifications, the second group includes - AHP, ELECTRE, TOPSIS, PROMETHEE, ELECTRE. For many problems assessment of the criteria implemented by experts and presented in linguistic form. The effective approach for dealing with linguistic information is fuzzy set theory proposed by L. Zadeh. In this paper is proposed fuzzy ELECTRE method. This method is presented in details. As application problem is used the equipment selection problem The issues of practical implementation of this method are discussed in details. The results of the solution test problem at all stages are presented.

Citation: Salimov Vagif Hasan Oglu. (2021) Application of Fuzzy Electre Method with Trapezoidal Fuzzy Numbers. *World Science*. 8(69). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30082021/7654

Copyright: © 2021 **Salimov Vagif Hasan Oglu**. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

1. Introduction. Multi Criteria Decision making – (MCDM) is one of the actual problem in the theory of decision-making [1-2]. From a mathematical point of view, it belongs to the class of vector optimization problems. The criteria can be divided into two groups: the criteria for which the maximum value is optimal and the criteria for which the minimum value is optimal. MCDM problems can be solved with an accuracy of many non- dominated alternatives or many trade-offs. Obtaining a single solution can only be implemented on the basis of some compromise scheme that reflects the preferences of the decision maker (DM). Methods for solving this problem can be divided into two large groups: methods using the aggregation of all alternatives according to all criteria and the solution of the resulting single-criterion problem, the second group is associated with the procedure of pairwise comparisons and stepwise aggregation. The first group includes methods: weighted average sum, weighted average product and their various modifications [3-4], the second group includes - Analytical Hierarchy Process (AHP), Elimination and Choice Translating Reality (ELECTRE). The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), Preference Ranking Organization Method (PROMETHEE) [5-17]. The work [3] provides information about popularity of various methods of multi-criteria decision-making. This paper discusses the ELECTRE method.

The ELECTRE method was developed by group of the French scientists led by professor B. Rua at the end of 60th years This method was very popular for solving multi-criteria problem under certain conditions. In general the ELECTRE method is based on the approach of pairwise comparison of alternatives.

The fuzzy ELECTRE method was developed by Chen in 2006 [6] for problem with linguistic uncertainty.

2. Description of the method.

We consider the problem where decision DM makes decisions in linguistic form.

Consider all stages of fuzzy ELECTRE method:

1. First we define linguistic variables for criterion weight importance (Table 1) and the decisions with fuzzy trapezoidal numbers (Table 2).

Table 1. Linguistic variables of criterion weights

Linguistic Variables	Trapezoidal Fuzzy Numbers
Very Low (VL)	(0,0.1,0.2,0.3)
Low (L)	(0.1,0.3,0.45,0.7)
Medium (ML)	(0.4,0.5,0.7,0.8)
High (H)	(0.5,0.6,0.75,0.85)
Very High (VH)	(0.6,0.7,0.8,0.9)

Table 2. Linguistic variables for the decision

Linguistic Variables	Trapezoidal Fuzzy Numbers
Very Poor (VP)	(0,1,2,3)
Poor (P)	(1,3,4,7)
Medium Poor (MP)	(4,5,7,8)
Good (G)	(7,8,9,9.25)
Very Good (VG)	(9, 9.25, 9.5,10)

2. Present the linguistic decisions as the matrix of outcomes (alternatives - criteria) n - number of criteria m - number of alternatives (Table 3).

Table 3. MCDM problem representation

	C_1	C_2	C_3		C_n
A_1	\tilde{X}_{11}	\tilde{X}_{12}	\tilde{X}_{13}		\tilde{X}_{1n}
A_2	\tilde{X}_{21}	\tilde{X}_{22}	\tilde{X}_{23}		\tilde{X}_{2n}
A_3	\tilde{X}_{31}	\tilde{X}_{32}	\tilde{X}_{33}		\tilde{X}_{3n}
A_m	\tilde{X}_{m1}	\tilde{X}_{m2}	\tilde{X}_{m3}		\tilde{X}_{mn}

Where $\tilde{X}_{ij} = (\tilde{a}_{ij}, \tilde{b}_{ij}, \tilde{c}_{ij}, \tilde{d}_{ij})$ is fuzzy trapezoidal representation of linguistic terms.

3. Calculate normalized matrix

$$\tilde{R} = (r_{ij}), i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

4. The normalized fuzzy decision matrix is calculated with the formulas given below, where J and J_1 represent the maximization criteria set, and minimization criteria set respectively.

$$\tilde{r}_{ij} = (\frac{a_{ij}}{d_j^*}, \frac{b_{ij}}{a_j^*}, \frac{c_{ij}}{a_j^*}, \frac{d_{ij}}{d_j^*}), j \in J \tag{1}$$

$$\tilde{r}_{ij} = (\frac{a_j^*}{d_{ij}}, \frac{a_j^*}{c_{ij}}, \frac{a_j^*}{b_{ij}}, \frac{a_j^*}{a_{ij}}), j \in J_1 \tag{2}$$

$$d_j^* = \max_i d_{ij}, j \in J \tag{3}$$

$$a_j^* = \min_i a_{ij}, j \in J_1 \tag{4}$$

5. Calculate weighted decision matrix

$$\tilde{V} = (v_{ij}), i = 1, 2, \dots, n \tag{5}$$

Where

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{v}_{ij} \otimes \tilde{w}_j, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$$

6. Determine concordance set J_c (set is all criteria in which alternative k is superior than alternative l) can be determined by following criteria

$$\tilde{c}_{kl} = \{j, \tilde{v}_{kj} \geq \tilde{v}_{lj}\} \tag{6}$$

7. Determine discordance set J_d (set is all criteria in which alternative k not is superior than alternative l) can be determined by following criteria

$$\tilde{d}_{kl} = \{j, \tilde{v}_{kj} < \tilde{v}_{lj}\} \tag{7}$$

8. Determine the concordance matrix where elements is calculated by formula

$$\tilde{c}_{kl} = \sum_{j \in \tilde{c}_{kl}} \tilde{w}_j \tag{8}$$

9. Determine the discordance matrix where elements is calculated by formula

$$\tilde{d}_{kl} = \frac{\max_{j \in D_{kl}} |\tilde{v}_{kj} - \tilde{v}_{lj}|}{\max_j |\tilde{v}_{kj} - \tilde{v}_{lj}|} \tag{9}$$

10. Determine average concordance index

$$\tilde{c}_* = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m \tilde{c}_{kl} \tag{10}$$

11. Determine average discordance index

$$\tilde{D}_* = \frac{1}{m(m-1)} \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m \tilde{d}_{kl} \tag{11}$$

12. Determine Boolean concordance matrix F

$$\text{if } \tilde{c}_{kl} \geq \tilde{c}_* \text{ then } \tilde{f}_{kl} = 1 \text{ othewhise } \tilde{f}_{kl} = 0 \tag{12}$$

13. Determine Boolean discordance matrix G

$$\text{if } \tilde{d}_{kl} \geq \tilde{D}_* \text{ then } \tilde{g}_{kl} = 1 \text{ othewhise } \tilde{g}_{kl} = \tag{13}$$

14. Calculate global preference matrix E by multiplication $E = FG$

15. Determine alternative with max preference by calculation sum of preference indexes by row of global matrix

3. Practical example.

As practice problem we consider equipment selection problem with following 4 criteria and 3 alternatives:

- C1- price
- C2- noise level
- C3- usability
- C4- dimension

As seen for C3 optimal decision is maximum for other three criteria is minimum.

Consider application of fuzzy ELECTRE method for this problem. All computations were performed in Ms Excel.

1. Presentation of decisions in linguistic decision matrix (Table 4)

Table 4. Linguistic decision matrix

	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	VG	G	VG	MP
A_2	MP	G	G	VG
A_3	G	VG	MP	G

The vector of criteria importance is presented as follows

$$w = (ML, H, VH, H)$$

2. Convert linguistic presentation in trapezoidal fuzzy numbers (Table 5)

Table 5. linguistic presentation in trapezoidal fuzzy numbers

	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	(9, 9.25, 9.5,10)	(7,8,9,9.25)	(9, 9.25, 9.5,10)	(4,5,7,8)
A_2	(0.4,0.5,0.7,0.8)	(7,8,9,9.25)	(4,5,7,8)	(9, 9.25, 9.5,10)
A_3	(7,8,9,9.25)	(9, 9.25, 9.5,10)	(4,5,7,8)	(7,8,9,9.25)

$$w = \quad (0.4,0.5,0.7,0.8) \quad (0.5,0.6,0.75,0.85) \quad (0.6,0.7,0.8,0.9) \quad (0.5,0.6,0.75,0.85)$$

3. Calculate normalized fuzzy decision matrix by corresponding formulas (Table 6)

Table 6. Normalized fuzzy decision matrix

	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	(0.40,0.42,0.43,0.44)	(0.76, 0.78,0.88,1)	(0.9,0.93,0.95,1)	(0.5,0.57,0.8,1)
A_2	(0.5, 0.57, 0.8, 1)	(0.76,0.78,0.88, 1)	(0.7,0.8,0.9,0.93)	(0.4,0.42,0.43,0.44)
A_3	(0.43,0.44,0.5,0.57)	(0.7,0.74,0.76, 0.78)	(0.4,0.5,0.7,0.8)	(0.43,0.44,0.5,0.57)

4. Calculate weighted normalized fuzzy decision matrix (Table 7)

Table 7. Weighted normalized fuzzy decision matrix

	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	(0.16,0.21,0.3, 0.36)	(0.38,0.47,0.66,0.8)	(0.54,0.65,0.76,0.9)	(0.25,0.34,0.60,0.85))
A_2	(0.2,0.29,0.56,0.8)	(0.38,0.47,0.66,0.8)	(0.42,0.56,0.72,0.83)	(0.2,0.25,0.32,0.38)
A_3	(0.17,0.22,0.35,0.46)	(0.35,0.44,0.57,0.62)	(0.24,0.35,0.56,0.72)	(0.22,0.27,0.38,0.49)

For ranking alternatives we have used following method / 7/

$$R(\tilde{A}) = \frac{1}{2}(a + b + \frac{1}{2}(d - c))$$

Let \tilde{A}_i and \tilde{A}_j two fuzzy numbers,

- (i) $R(\tilde{A}_i) > R(\tilde{A}_j)$ then $\tilde{A}_i > \tilde{A}_j$
 - (ii) $R(\tilde{A}_i) < R(\tilde{A}_j)$ then $\tilde{A}_i < \tilde{A}_j$
 - (iii) $R(\tilde{A}_i) = R(\tilde{A}_j)$ then $\tilde{A}_i = \tilde{A}_j$
- (13)

5. Determine concordance and discordance sets

For determine concordance and discordance sets we use formulas (6) and (7)

As result we have got set of concordance and discordance sets (Table 8)

Table 8. Concordance and discordance sets

Concordance set	Discordance set
C(1,2)=(2,3,4)	D(1,2)=(1)
C(1,3)=(2,3,4)	D(1,3)=(1)
C(2,1)=(1,2)	D(2,1)=(3,4)
C(2,3)=(1,2,3)	D(2,3)=(4)
C(3,1)=(1)	D(3,1)=(2,3,4)
C(3,2)=(4)	D(3,2)=(1,2,3)

Calculate concordance indexes matrix by formula (8). (Table 9)

Table 9. Concordance indexes matrix

	A_1	A_2	A_3
A_1	(0,0,0,0)	(1.6,1.9,2.3,2.6)	1.6,1.9,2.3,2.6)
A_2	(1.5,1.8,2.25,2.55)	(0,0,0,0)	(0.42,0.56,0.72,0.83)
A_3	(0.4,0.5,0.7,0.8)	(0.5,0.6,0.75,0.85)	(0,0,0,0)

and a discordance indexes matrix by formula (9) (Table 10)

Table 10. Discordance indexes matrix

	A_1	A_2	A_3
A_1	(0,0,0,0)	(0.8,0.89,0.93,0.94)	(0.033,0.033,0.25,0.56)
A_2	(1,1,1,1)	(0,0,0,0)	(0.111,0.095,0.375,1)
A_3	(1,1,1,1)	(1,1,1,1)	(0,0,0,0)

Next we calculate average concordance index by formula (10) and average discordance index (11) respectively. Calculate Boolean preference concordance matrix F (Table 11)

Table 11. Boolean preference concordance matrix

	A_1	A_2	A_3
A_1	0	1	1
A_2	1	0	0
A_3	0	0	0

and Boolean preference discordance matrix G (Table 12).

Table 12. Boolean preference discordance matrix

	A_1	A_2	A_3
A_1	0	1	0
A_2	1	0	0
A_3	1	1	0

Finally calculate and global preferences matrix E (Table 13)

Table 13. Global preferences matrix

	A_1	A_2	A_3
A_1	0	1	0
A_2	1	0	0
A_3	0	0	0

As we see two alternatives result we have alternatives A_1 and A_2 have same preference, it means that problem have two solutions.

Conclusions. The article is devoted to the problem of multi-criteria decision making for equipment selection. The analysis of existing methods for solving this problem is given. The fuzzy ELECTRE is used as a method for solving this problem. The issues of practical implementation of this method are discussed in details.

As practical problem the equipment selection problem with 4 criteria and 3 alternatives is considered. The results of the solution at all stages are presented.

REFERENCES

1. Hwang, CL Yoon, K. (1981), *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. New York: Springer- Verlag.
2. V. Belton and T. Stewart (2002), *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Springer Science & Business Media.
3. A. Mardani, A. Jusoh, Khalil MD Nor, Z. Khalifah, N. Zakwan, A. Valipour (2015), Multiple criteria decision-making techniques and their applications - a review of the literature from 2000 to 2014, ISSN: 1331-677X (Print)., <https://doi.org/10.1080/1331677X.2015.1075139>
4. Chakraborty, S., & Zavadskas (2014), EK Applications of WASPAS method in manufacturing decision making. *Informatica*, 25 (1), 1-20. <https://doi.org/10.15388/Informatica.2014.01>
5. A. T. Almeida (2007), "Multicriteria decision model for outsourcing contracts selection based on utility function and ELECTRE method," *Computers and Operations Research*, vol. 34, no. 12, pp. 3569–3574. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2006.01.003>
6. Chen, C. T., Lin, C. T. and Huang, S. F. (2006), "A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management" *International Journal of Production Economics*, 102(2):289–301. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2005.03.009>
7. X. Wang and E. Triantaphyllou (2008), "Ranking irregularities when evaluating alternatives by using some ELECTRE methods," *Omega*, vol. 36, no. 1, pp. 45–63. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2005.12.003>
8. L. Fei, J. Xia, Y. Feng, and L. Liu (2019), "An ELECTRE-Based Multiple Criteria Decision Making Method for Supplier Selection Using Dempster-Shafer Theory," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 84701–84716. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2924945>
9. M. C. Wu and T. Y. Chen (2009), "The ELECTRE multi criteria analysis approach based on intuitionistic fuzzy sets," in *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, pp. 1383–1388. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.010>
10. F. Dammak, L. Baccour, A. Ben Ayed, and A. M. Alimi (2017), "ELECTRE method using interval-valued intuitionistic fuzzy sets and possibility theory for multi-criteria decision making problem resolution," in *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*. <https://doi.org/10.1109/FUZZ-IEEE.2017.8015408>
11. Almeida, A. T. (2007), Multicriteria decision model for outsourcing contracts selection based on utility function and ELECTRE. *Computers & Operations Research*, 34 (12), 3569–3574. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2006.01.003>
12. Asghari, F., Amidian, A. A., Mohammadi, J. and Rabiee, H. (2010), "A Fuzzy ELECTRE Approach for Evaluating Mobile Payment Business Models" *The Fourth International Conference on Management of e-Commerce and e-Government*, October 23-24, China. <https://doi.org/10.1109/ICMeCG.2010.78>
13. Hatami-Marbini, A. and Tavana, M. (2011), "An Extension of the ELECTRE I Method for Group Decision-Making under a Fuzzy Environment" *Omega*, 39:373–386. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2010.09.001>
14. Vahdani B. and Hadipour H. (2011) "Extension of the ELECTRE Method Based on Interval-valued Fuzzy Sets" *Soft Computing*, 15: 569–579. <https://doi.org/10.1007/s00500-010-0563-5>

DECISION MAKING UNDER LINGUISTIC UNCERTAINTY CONDITIONS ON BASE OF GENERALIZED FUZZY NUMBERS

Ph.D., **Salimov Vagif Hasan Oglu**, assoc. prof. of "Computer engineering department" Azerbaijan state oil and industry university, Baku, Azerbaijan Republic,
ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-0590-5437>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7655

ARTICLE INFO

Received: 16 June 2021
Accepted: 09 August 2021
Published: 30 August 2021

KEYWORDS

linguistic uncertainty, decision making, membership function, aggregation, multi attribute decision making, generalized fuzzy numbers.

ABSTRACT

This article is devoted to the problem of decision making under linguistic uncertainty. The effective method for modelling linguistic uncertainty is the fuzzy set theory. There are several types of fuzzy number types proposed by L. Zadeh: fuzzy type-1, fuzzy type-2, Z-numbers. Chen proposed concept of generalized fuzzy numbers. Generalized trapezoidal fuzzy numbers (GTFN) one of effective approach which can be used for modeling linguistic uncertainty. GTFN very convenient model which allow take in account second order uncertainty. GTFN are formalized and major operations are described as practical problem is considered group decision making for supplier selection. In this case the criteria assessments are expressed by experts in linguistic form. Group decision making model is presented as 2 step aggregation procedure, in first step is aggregated value of alternative by expert, in second step by criteria. Numerical example with four criteria and three alternatives are presented and solved.

Citation: Salimov Vagif Hasan Oglu. (2021) Decision Making Under Linguistic Uncertainty Conditions on Base of Generalized Fuzzy Numbers. *World Science*. 8(69). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30082021/7655

Copyright: © 2021 **Salimov Vagif Hasan Oglu**. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

1. Introduction. Decision making problem with imperfect information is very actual problem. As known in many practical cases we need to be satisfied of expert information and the linguistic assessments. One is effective method of modelling linguistic information is fuzzy set approach. There are many scientific works dedicated to applications of classical fuzzy approach which is named fuzzy type-1 proposed by L. Zadeh (1965) [1]. In 1975 L. Zadeh [2] proposed more general approach fuzzy type-2, which expands the features of classical fuzzy type-1 model. Chen in 1985 proposed generalized fuzzy set concept [3]. L. Zadeh in 2011 proposed fuzzy Z-numbers approach [4]. All these approaches allow not only modelling our imprecise knowledge about factors and also take in account our imprecision about membership function. All these models have more powerful features for modelling uncertainty [6-16].

2. Preliminaries. In this article we discuss about application of generalized trapezoidal fuzzy numbers (GTFN) for modelling MADM problem [6].

Definition: General fuzzy number. A fuzzy set \tilde{A} , defined on the universal set of the real numbers R , is said to be generalized fuzzy number if its membership function has the following characteristics:

- (i) $\mu_{\tilde{A}}: R \rightarrow [0,1]$ is continuous
- (ii) $\mu_{\tilde{A}}(x) = 0$ for all $x \in (-\infty, a] \cup [d, \infty)$
- (iii) $\mu_{\tilde{A}}(x)$ is strictly increasing on $[a, b]$ and strictly decreasing on $[c, d]$
- (iv) $\mu_{\tilde{A}}(x) = w$, for all $x \in [b, c]$, where $0 < w \leq 1$.

Generalized trapezoidal fuzzy number $\tilde{A} = (a, b, c, d, w)$ is said to be generalized fuzzy number if its membership function is given

$$\mu_x(x) = \begin{cases} 0 & x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & a \leq x \leq b \\ w & b \leq x \leq c \\ \frac{x-c}{d-c} & c \leq x \leq d \\ 0 & x > d \end{cases}$$

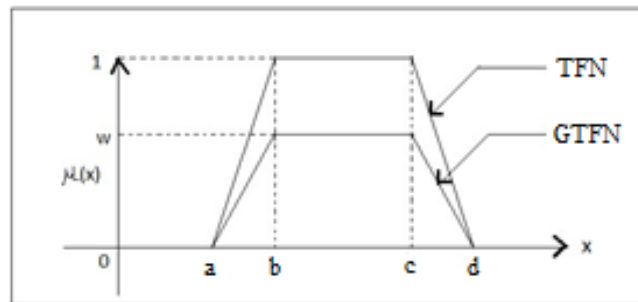


Fig 1. Comparison between membership function of TFN and GTFN

Here W plays role of confidence level.

Consider arithmetical operations on two trapezoidal GTFN numbers: \tilde{A}_1 and \tilde{A}_2 numbers are given:

$$\tilde{A}_1 = (a_1, b_1, c_1, d_1, w_1) \quad \tilde{A}_2 = (a_2, b_2, c_2, d_2, w_2)$$

Addition

$$\tilde{A}_1 \oplus \tilde{A}_2 = (a_1 + a_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2, d_1 + d_2; \min(w_1, w_2))$$

Subtraction

$$\tilde{A}_1 \ominus \tilde{A}_2 = (a_1 - a_2, b_1 - b_2, c_1 - c_2, d_1 - d_2; \min(w_1, w_2))$$

Scalar Multiplication

$$\lambda A = \begin{cases} (\lambda a, \lambda b, \lambda c, \lambda d; w) & \lambda > 0 \\ (\lambda d, \lambda c, \lambda b, \lambda a; w) & \lambda < 0 \end{cases}$$

Ranking function

For ranking alternatives we have used following centroid method /6/

$$(\tilde{x}_0, \tilde{y}_0) = \left(a + b + c + d - \frac{dc - ab}{(dc) - (a + b)}, \frac{w}{3} \left(1 + \frac{c - b}{(d + c) - (a + b)} \right) \right)$$

Ranking function

$$R(\tilde{A}) = \sqrt{\tilde{x}^2 + \tilde{y}^2} \tag{1}$$

Let \tilde{A}_i and \tilde{A}_j two fuzzy numbers,

(iv) $R(\tilde{A}_i) > R(\tilde{A}_j)$ then $\tilde{A}_i > \tilde{A}_j$

(v) $R(\tilde{A}_i) < R(\tilde{A}_j)$ then $\tilde{A}_i < \tilde{A}_j$

(vi) $R(\tilde{A}_i) = R(\tilde{A}_j)$ then $\tilde{A}_i = \tilde{A}_j$

With GTFN we can represent the crisp interval and also imprecise interval. If $a=b$ and $c=d$ and $W \neq 1$ we have imprecise interval with confidence level W .

If $a=b, c=d$ and $w=1$ then we have crisp interval.

3. Problem statement and solving method

Let's consider supplier selection problem with GTFN. This problem is formalized as MADM problem. Exist 3 potential suppliers A_i ($i = 1,2,3$) and their activity are described by 4 attributes:

C_1 - raw quality, C_2 – risk factor, C_3 –service level, C_4 – company profile.

Let's say that for decision making group of 3 experts established E_k ($k = 1,2,3$) and corresponding weight coefficients are determined

$$\lambda = (0.3 \ 0.45 \ 0.25)$$

For 4 attributes C_i ($i = 1,2,3,4$) are determined weight coefficients $\omega = (0.3 \ 0.15 \ 0.2 \ 0.35)$

In table 1 are presented linguistic terms which will be used for alternative evaluation “Very Low” (VL), “Low” (L), “Medium” (M), “High” (H), “Very High” (VH) (Fig.2)

Table 1. Linguistic terms for alternative evaluation

Linguistic term	GTFN values
Very Low (VL)	(0,0.1,0.2,0.3;0.6)
Low (L)	(0.1,0.3,0.45,0.7;0.7)
Medium	(0.4,0.5,0.7,0.8;0.8)
High (H)	(0.5,0.6,0.75,0.85;0.85)
Very High (VH)	(0.6,0.7,0.8,0.9;1)

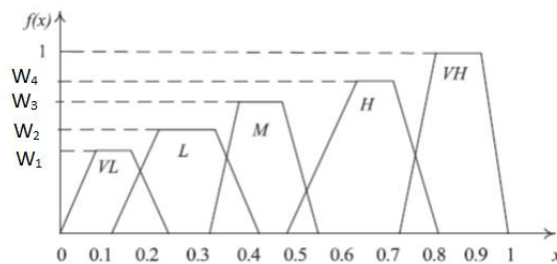


Fig. 2. Linguistic terms for alternatives evaluation

Experts using these terms have evaluated any potential suppliers and results are presented in following tables 3-5

Table 3 Alternatives evaluation by 1st expert

	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	M	H	VH	VH
A_2	H	M	H	H
A_3	VH	VH	M	H

Table 4 Alternatives evaluation by 2nd expert

	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	H	VH	H	H
A_2	M	H	VH	VH
A_3	H	VH	M	VH

Table 5. Alternatives evaluation by 3rd expert

	C_1	C_2	C_3	C_4
A_1	M	H	H	H
A_2	H	VH	VH	H
A_3	M	H	M	VH

First we carry out aggregation by experts using formula

$$\tilde{A}_{ij}^k = \oplus_{k=1}^3 (\lambda_k \tilde{A}_{ij}^{(k)})$$

and we have achieved following results:

- $\tilde{A}_{11}=(0.46,0.57,0.75,0.86;0,8)$
- $\tilde{A}_{12}=(0.55,0.65,0.77, 0.87;0.85)$
- $\tilde{A}_{13}=(0.53,0.63,0.77,0.87;0.8)$
- $\tilde{A}_{14}=(0.53,0.63,0.77,0.87;0.8)$
- $\tilde{A}_{21}=(0.46,0.56,0.73,0.83;0.8)$
- $\tilde{A}_{22}=(0.50,0.60,0.75,0.85;0.8)$
- $\tilde{A}_{23}=(0.57,0.67,0.79,0.89;0.85)$
- $\tilde{A}_{24}=(0.55,0.65,0.77,0.87;0.8)$
- $\tilde{A}_{31}=(0.73,0.79,0.87,0.92;0.8)$
- $\tilde{A}_{32}=(0.58,0.68,0.79,0.89;0.85)$
- $\tilde{A}_{33}=(0.40,0.50,0.70,0.80;0.8)$
- $\tilde{A}_{34}=(0.57,0.67,0.79,0.89;0.85)$

These results can be presented as collective decision matrix

$$R = \begin{pmatrix} \tilde{A}_{11} & \tilde{A}_{12} & \tilde{A}_{13} & \tilde{A}_{14} \\ \tilde{A}_{21} & \tilde{A}_{22} & \tilde{A}_{23} & \tilde{A}_{24} \\ \tilde{A}_{31} & \tilde{A}_{32} & \tilde{A}_{33} & \tilde{A}_{34} \end{pmatrix}$$

On next step we carry out aggregation by attributes using formula

$$A_i = \bigoplus_{j=1}^4 (\omega_j \tilde{A}_{ij})$$

As result we have global evaluation of all alternatives (Table 6)

Table 6. Global evaluation of all alternatives

Alternatives	GTFN values
A_1	$(0.51,0.61,0.76,0.87;0,8)$
A_2	$(0.52,0.62,0.76,0.86;0.8)$
A_3	$(0.58,0.67,0.79,0.88;0,8)$

For comparison alternative decisions we will use Rank function (1)

$$\text{Rank}(A_1)=3.52 > \text{Rank}(A_3)=3.49 > \text{Rank}(A_2)=3.45$$

It means that best is supplier A_1

Conclusions. In this article have been considered problem of MADM under linguistic uncertainty. As model of decision making used group decision making approach and as model for modeling uncertainty have been used GTFN model. As test problem for proposed model have been used the supplier selection problem.

REFERENCES

- L.A. Zadeh (1965), "Fuzzy sets," Information and Control, vol. 8, pp. 338-353. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- L.A. Zadeh (1975), The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning – I, Information Sciences 8 (3), p. 199–249. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/0020-0255\(75\)90036-5](https://doi.org/10.1016/0020-0255(75)90036-5)
- Chen, S. H. (1985), Operations on fuzzy numbers with function principal. Tamkang Journal of Management Sciences,6, p. 13-25. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0020-0255\(97\)10070-6](https://doi.org/10.1016/S0020-0255(97)10070-6)
- Zadeh, L. A. (2011), A note on Z-numbers. Information Science 181, p. 2923–2932. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.ins.2011.02.022>
- L.A. Zadeh (1999), "From computing with numbers to computing with words—from manipulation of measurements to manipulation of perceptions," IEEE Trans. on Circuits and Systems–1, Fundamental Theory and Applications, vol. 4, p. 105–119. Retrieved from https://doi.org/10.1007/978-3-7908-1792-8_5
- Y. L. P. Thorani, P. Phani Bushan Rao, and N. Ravi Shankar (2012), Ordering Generalized Trapezoidal Fuzzy Numbers, Int. J. Contemp. Math. Sciences, Vol. 7, no. 12, p. 555 – 573.
- J.M. Mendel, R.I. John, F. Liu (2006), Interval type-2 fuzzy logic systems made simple, IEEE Transactions on Fuzzy Systems 14 (6), p.808–821. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1109/TFUZZ.2006.879986>
- Banerjee S., Kumar T. (2012), Arithmetic Operations on Generalized Trapezoidal Fuzzy Number and its Applications, Turkish Journal of Fuzzy Systems (eISSN: 1309–1190) Vol.3, No.1, p.16-44.

9. M.J. Tsai, C.S. Wang (2008), A computing coordination based fuzzy group decision making for web service oriented architecture, *Expert Systems with Applications* 34 (4), p. 2921–2936. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2007.05.017>
10. J. Ma, J. Lu, G. Zhang (2010), Decider: a fuzzy multi-criteria group decision support system, *Knowledge-Based Systems* 23 (1), p. 23–31. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2009.07.006>
11. I.J. Perez, F.J. Cabrerizo, E. Herrera-Viedma (2011), Group decision making problems in a linguistic and dynamic context, *Expert Systems with Applications* 38 (3), p. 675–1688. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.07.092>
12. Z.S. Xu (2011), Approaches to multi-stage multi-attribute group decision making, *International Journal of Information Technology and Decision Making* 10 (1), p.121–146. Retrieved from <https://doi.org/10.1142/S0219622011004257>
13. J. Pang, J. Liang (2012), Evaluation of the results of multi-attribute group decision making with linguistic information, *Omega-International Journal of Management Science* 40 (3), p.294–301. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.omega.2011.07.006>
14. S.-M. Chen, L.-W. Lee (2010), Fuzzy multiple criteria hierarchical group decision making based on interval type-2 fuzzy sets, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans* 40 (5), p. 1120–1128. Retrieved from <https://doi.org/10.1109/TSMCA.2010.2044039>

COMPUTER SCIENCE

THE ENVIRONMENT DYNAMICS IDENTIFICATION BASED ON THE MODULAR COMPUTING COMPLEX

Borys Moroz,

*Doctor of Technical Science, University of Technology, Dnipro, Ukraine,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5625-0864>*

Gennady Shvachych,

*Doctor of Technical Science, University of Technology, Dnipro, Ukraine,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9439-5511>*

Valentyna Chorna,

*Doctor of Biology Science, Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8815-130X>*

Nataliyya Voroshylova,

*Candidate of Biology Sciences, Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1434-3285>*

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7656

ARTICLE INFO

Received: 14 June 2021

Accepted: 07 August 2021

Published: 30 August 2021

KEYWORDS

pollution source, multidimensional problem, boundary conditions, multiprocessor system, mathematical model, harmful impurities, atmosphere, environment.

ABSTRACT

The research aims at covering the mathematical modeling issues of multidimensional applied problems of ecology based on the application of a modular computing complex. The problem of modeling air pollution processes is solved by mathematical models that adequately describe fundamental processes. That reveals issues such as a detailed analysis of the atmosphere of the city or industrial area, short-term forecast of air quality in the region, assessment of long-term air purification programs, optimal emission management, transboundary transfer, etc. At the same time, the formulation and methods of solving problems of environmental dynamics identification are considered, which essence is to estimate the input parameters based on the factual information about the modeled system known from the experiment.

In these studies, the multidimensional equation of harmful impurities transfer was reduced to a sequence of schemes involving unknown values in a single direction, alternately in the longitudinal, transverse and vertical. The implicit schemes lead to systems of algebraic linear equations with a three-diagonal structure. Thus, the methodological basis of the difference splitting schemes provides the economic and sustainable implementation of numerical models by the scalar runs method. That approach focuses on the fact that the greatest effect of a parallel processor is achieved when it is used to perform matrix computations of linear algebra.

In order to analyze the feasibility of mathematical models, a package of applications was developed to compute the transfer of harmful impurities. A solution to several applied problems for the identification of the environmental dynamics is given.

Citation: Borys Moroz, Gennady Shvachych, Valentyna Chorna, Nataliyya Voroshylova. (2021) The Environment Dynamics Identification Based on the Modular Computing Complex. *World Science*. 8(69). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30082021/7656

Copyright: © 2021 Borys Moroz, Gennady Shvachych, Valentyna Chorna, Nataliyya Voroshylova. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Analysis of the current research state to make mathematical models of the atmosphere dynamics. The basis of atmosphere dynamics' modern models is the laws of conservation of mass and energy, which along with the laws of thermodynamics; describe the processes of the atmosphere, ocean, and their interaction [1]. In mathematical terms, those are systems of multidimensional nonlinear differential equations [2 – 4]. Those systems include some input parameters known from the experiment with the specified error. The input parameters here usually mean the coefficients of the equations, the initial fields, the features of the integration domain, etc. In each case, it is possible to describe with some reliability some acceptable set of input parameters and the results of processing the measurement data to assess the system's state under consideration.

In this regard, it is notable that the solution of any particular class problem is defined as a function of the coordinates of space and time and as a function of input parameters.

Thus, to evaluate the validity of the obtained solution in the space of input parameters, it is necessary to study the behavior of the corresponding object by variations on their admissible set.

The mathematical models' sensitivity theory that considers these issues was developed in optimal control theory and identification of different systems [5]. The formulation and methods of solving inverse problems, which are its basis, estimate the input parameters from the factual information about the modeled system.

Some input parameters for ecology and environmental protection problems (power of pollution sources, turbulent diffusion coefficients, etc.) can be determined only from experimental data. Hence, to process the experimental data of the problems under consideration, it is appropriate to solve inverse problems [6].

The mathematical formulation of the research problem. Emission sources of various pollutants characterize the mathematical model of pollution transfer during technical equipment operation. The exhaust devices run contaminants removal from the working area of the equipment in the premises. The greatest effect from the exhaust devices is achieved when the ventilation outflow of polluted air can be placed close to the pollution source.

The simplest scheme of pollutant emission during the technological equipment operation, as a rule, is replaced by point sources, or a system of point sources that are characterized by a given intensity and time of emission. Thus, adequate to the entire process, a physical model is built, where the whole process of pollution transfer by technological equipment is a system of point sources of a given location, intensity, and mode of operation.

Modeling the harmful impurities transfer against the background of atmospheric processes plays a significant role in this problem study. Suppose the model structure is given and determined by a system of nonlinear differential equations of environmental mechanics. Then the state of the natural environment is described by a vector of indicators, one of which is the concentration level of harmful substances in the air basin.

Mathematically, this problem is formulated as follows. The amount of pollution per unit volume of air is denoted by Φ [kg / m^3]. The pollution source is presented as the point sources:

$$g_i(t)\delta(r - r_i), \quad (1)$$

where $\delta(r - r_i)$ is Dirac delta function; $g_i(t)$ is the intensity of pollution sources. Possible environmental pollution is presented as a system of n point sources:

$$\sum_{i=1}^N g_i \delta(r - r_i) \quad (2)$$

Under such conditions, the differential equation for the harmful impurities transfer are presented as follows:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + U_x \frac{\partial \Phi}{\partial x} + U_y \frac{\partial \Phi}{\partial y} + U_z \frac{\partial \Phi}{\partial z} + \delta \Phi = \mu \left(U_x \frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} + U_y \frac{\partial^2 \Phi}{\partial y^2} + U_z \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} \right) + P(x, y, z), \quad (3)$$

where $\{U_x, U_y, U_z\}$ are velocity vector components [m/s]; σ is the coefficient of spontaneous decay of particles, [$1/s$]; μ is the turbulent diffusion coefficient, m^2/s ; $P(x, y, z)$ is a set of point sources modeled by relations (1), or (2).

Information about the atmosphere state, particularly the velocity vector $\{U_x, U_y, U_z\}$ components, for the problems (1) – (3) is the input.

Each specific simulation problem is possible with some probability based on a priori information to describe some good set of input parameters and the results of processing the measurement data to assess the system’s initial state. Then the solution of a specific problem is defined as a function of spatial coordinates and time and as a function of input parameters. Hence, to evaluate the obtained solution, it is necessary to study its behavior with the variation of the input data. That is the essence of studying the model sensitivity to variation of input data. However, no less important are the methods of solving inverse problems, which essence includes estimating the input parameters based on the factual information about the modeled system and the information known from the experiment.

Mathematical modeling of the harmful impurities transfer problem. The differential equation for the harmful impurities (3) transfer is highly measurable and non-stationary. Efficient solutions are based on splitting the problem on a time interval $t_{y-1} \leq t \leq t_y$ on a sequence of simpler problems.

Reducing complex problems to simpler ones is usually possible when the original operator of the problem (3) can be represented as the sum of the simplest operators.

Therefore, considering the specified equation (3) can be shown as:

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + A\Phi = f \text{ in } DxD_t, \tag{4}$$

where the function $A \geq 0$ does not depend on time and is formed as follows:

$$A = A_x + A_y + A_z. \tag{5}$$

Applying local-one-dimensional schemes of splitting by spatial variables (x, y, z) for equation (4), we can make the three simplest equations of the following form

for x :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi_1}{\partial t} + U_x \frac{\partial \Phi_1}{\partial x} + \frac{\delta}{3} \Phi_1 &= \mu \frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial x^2} + \frac{f}{3}, \\ \Phi_1(x, y, z, t_{y-1}) &= \Phi_0(x, y, z), \end{aligned} \tag{6}$$

for y :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi_2}{\partial t} + U_y \frac{\partial \Phi_2}{\partial y} + \frac{\delta}{3} \Phi_2 &= \mu \frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial y^2} + \frac{f}{3}, \\ \Phi_2(x, y, z, t_{y-1}) &= \Phi_1(x, y, z), \end{aligned} \tag{7}$$

for z :

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Phi_3}{\partial t} + U_z \frac{\partial \Phi_3}{\partial z} + \frac{\delta}{3} \Phi_3 &= \mu \frac{\partial^2 \Phi_3}{\partial z^2} + \frac{f}{3}, \\ \Phi_3(x, y, z, t_{y-1}) &= \Phi_2(x, y, z, t_y). \end{aligned} \tag{8}$$

Starting from (6) - (8), the difference splitting scheme can be made in many ways. The implicit schemes lead to making systems of linear algebraic equations (SLAE)

$$C_\phi Y_{p+1,1} - Y_{p,1} + D_p Y_{p-1,1} = f_{p,1}, \tag{9}$$

having a three-diagonal structure ($p = 1, 2m - 1$ are network mesh numbers).

In SLAE (9), the $\{C_p, D_p, f_{p,1}\}$ coefficients include information about the equation itself, boundary, and initial conditions.

Consider further a simple and convenient method for solving difference boundary value problems of the form (9). It is one of the variants of excluding the unknown and is called the run method. Then the availability of two vectors is possible E_p and G_p , such that for any $Y_{p,1}$ there is a fair ratio

$$Y_{p,1} = E_p Y_{p+1,1} + G_p. \tag{10}$$

Let us lower the index by one p in equation (10), which gives

$$Y_{p-1,1} = E_{p-1}Y_{p,1} + G_{p-1}. \tag{11}$$

Substituting $Y_{p-1,1}$ from relation (11) in SLAE (9) and solving it relatively $Y_{p,1}$, we obtain the following recurrent relation:

$$Y_{p,1} = \frac{C_p}{1 - D_p E_{p-1}} Y_{p+1,1} + \frac{D_p E_{p-1} - f_{p,1}}{1 - D_p E_{p-1}}. \tag{12}$$

A comparative analysis of relations (9) and (12) demonstrate that they are both fair to all $Y_{p,1}$. Then we get the system:

$$\begin{aligned} E_p &= \frac{C_p}{1 - D_p E_{p-1}}, \\ G_p &= \frac{D_p E_{p-1} - f_{p,1}}{1 - D_p E_{p-1}} \quad \text{at} \quad p = \overline{1, 2m-1}. \end{aligned} \tag{13}$$

From the given conditions on the left border we define E_0 and G_0 , then to determine E_p and G_p at all points in the direction of growth p up to $p = 2m - 1$ one can use the recurrent relation (13). Next, the value is determined from the right boundary condition $Y_{2m,1}$, and equation (11) with known coefficients E_p and G_p is used to compute values $Y_{p,1}$ for $Y_{p+1,1}$, etc., in the descending direction p from $p = 2m - 1$ to $p = 1$.

Procedure (13) is called direct run, (13) - reverse. On solutions of arbitrary linear system N equations with N unknown exclusion methods usually have to spend arithmetic operations in quantity N^2 . This reduction in the number of arithmetic operations for solving SLAE (9) by the run method was achieved by successfully using the specifics of this system.

The difference splitting scheme (6) - (13) is economical and certainly stable. In this sense, it combines the advantages of explicit schemes (explicit schemes do not improve in the number of arithmetic operations) and implicit schemes.

Development of methods for solving multidimensional non-stationary problems of type (1) - (3), associated with splitting methods and provides the economic and sustainable implementation of numerical models (6) - (13) on a PC.

The computer simulation results on a modular computer system. A program was run to assess the mathematical model's feasibility to compute the harmful impurities transfer in the region for areas that represent the shape of a regular rectangular parallelepiped. The computations were performed based on the multiprocessor computing system [7 - 9].

Fig. 1 demonstrates the transfer of harmful impurities concentrations from the ground source of pollution in the form of patterns and isolines in the middle horizontal plane of the parallelepiped when the velocity vector components are identically equal to zero.

Fig. 2 represents the results of modeling the transfer of harmful impurities from two-point sources of pollution at given components of the velocity vector u_x, u_y , different in the direction in the horizontal plane of the region.

For soft boundary conditions in the simulation results for the middle surfaces on the Z coordinate, there are bends of isolines (Fig.2b); the use of the same compiled algorithms based on boundary conditions of the 4th kind allows avoiding them (Fig. 2a). That circumstance also allows considering the specified boundary conditions at the modeling of transfer of impurity against atmospheric processes as transparent.

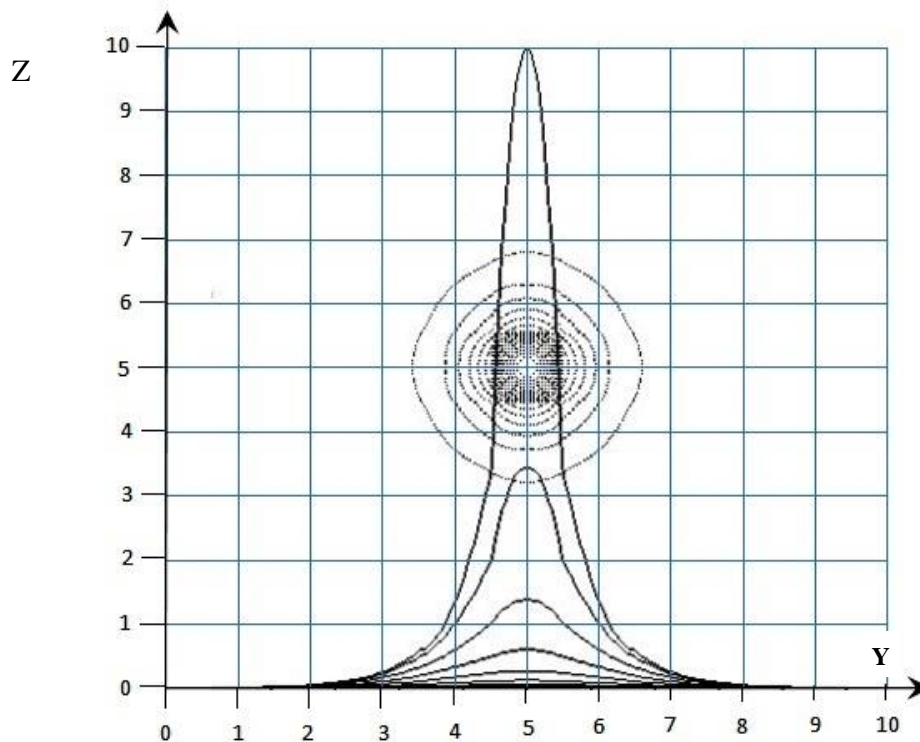


Fig. 1. Concentrations' transfer and the isolines from a point source of contaminants located in middle horizontal plane of parallelepiped's control volume

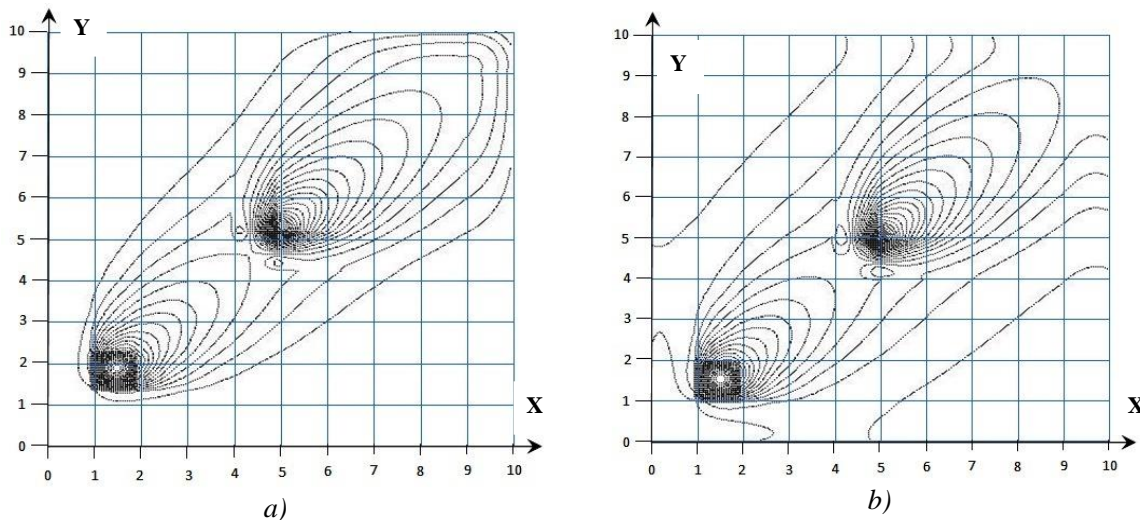


Fig. 2. Solution modeling of a three-dimensional problem under different asymptotic boundary conditions: a) solution of a three-dimensional problem with asymptotic boundary conditions of the fourth kind; b) solution of a three-dimensional problem with soft boundary conditions of the second kind

Conclusions. The paper covers the mathematical modeling of applied problems of ecology based on personal computing clusters. With:

1. The rapid development of industry in all countries worldwide posed to humanity an acute problem of environmental protection to preserve the planet's ecological systems. In this regard, environmental science is now forced to deal with problems of previously unknown complexity. New problems require new ways to solve them. Nevertheless, mathematical modeling, computational experiments on parallel cluster systems with a sufficiently complete mathematical content of the phenomena we study form the basis of new scientific research technology, analysis, and forecasting. Today's reality is that due to the development of parallel computing and, especially with the advent of computing clusters, the fundamental problems in the potentially infinite increase in peak performance

of computers disappeared. That opens the way to the widespread use of mathematical modeling, making basic and applied research more effective.

2. This article considers the statement and methods of solving environment dynamics identification problems which essentially consists of an estimation of input parameters on the actual information on the modeled system known from the experiment.

3. The research aims to solve the problem of modeling the air pollution processes by mathematical models that adequately describe the fundamental processes. It can explore issues such as a detailed analysis of the atmosphere of the city or industrial area, short-term forecast of air quality in the region, evaluation of long-term air purification programs, optimal emission management, transboundary transfer, etc.

4. The multidimensional equation of transfer of harmful impurities was reduced to a sequence of schemes involving unknown quantities in a single direction, alternately in the longitudinal, transverse and vertical. The use of implicit schemes leads to systems of linear equations of algebra having a three-diagonal structure. Thus, the methodological basis of the difference splitting schemes provides the economic and sustainable implementation of numerical models by scalar runs. On the other hand, it is known that the greatest effect of a parallel processor is in cases where it is used to perform matrix computations of linear algebra.

5. To analyze the mathematical models' feasibility assessment, a package of applications was developed to compute the harmful impurities transfer. The solution of several applied problems on the identification of environmental dynamics is given.

6. At the present stage of scientific research, a numerical experiment is one of the most important areas in studying the internal aerodynamics of the environment. The information obtained by numerical computations allows correctly comprehending and understanding the physical effects obtained by the experimental method and, in some cases, replacing the physical or field experiment with a machine, as is cheaper. Note that machine experiment is sometimes the only possible way to obtain information about the process under study. Given the further progress in the research methodology of parallel numerical methods and parallel computing systems, we can expect a further and significant increase in numerical computations of environmental aerodynamics problems on more complete mathematical models of atmospheric dynamics shortly.

REFERENCES

1. Marchuk G.I. Mathematical modeling in the problem of the environment. – M.: Nauka, – 1982. – 320 p.
2. Shvachych G., Moroz B., Pobochii I., Ivaschenko O., Busygin V. Maximally parallel forms of distributed simulation of dynamic systems. World Science. Poland. 2018. № 4(32). Vol.1. P.12 – 19.
3. Ivaschenko V., Shvachych G., Ivaschenko O., Busygin V. Effective algorithms for solving coefficient problems of high accuracy order. System technologies. Dnipro. 2018. № 4(117). P. 86 – 94.
4. Ivaschenko V.P., Shvachych G.G., Semenov S.G. Efficient parallelization algorithms of the applied tasks in multiprocessor computing systems. System technologies. Dnipro. 2017. № 2 (109). P. 57 – 66.
5. Babenko K.I. Fundamentals of Numerical Analysis. – M.: Nauka, – 1986. – 744 p.
6. Shvachych G.G., Shmukin A.A. Determination of the thermophysical properties of materials based on the solutions of coefficient OST in an extreme setting. Theory and practice of metallurgy. 2005. No. 1 – 2. P. 104 – 108.
7. Shvachych G.G. Prospects of construction highly-productive computers systems on the base of standard technologies. Strategy of Quality in Industry and Education: IV International Conference. May 30 – June 6. 2008, Varna, Bulgaria. 2008. V. 2. P. 815-819.
8. Ivaschenko V., Shvachych G., Ivaschenko O., Busygin, V. Improving the efficiency of multiprocessors system through in-line interface network aggregation. System technologies. Dnipro. 2018. № 2(115). P. 84-93.
9. Ivaschenko V., Shvachych G., Ivaschenko O., Busygin V. Deceleration problem research in multiprocessional computing systems. Information Technology in Metallurgy and Machine Building: Materials and Technical International Conference. Dnipro, 27-29 march 2018. Dnipro. 2018. C. 131.

PHYSICS AND MATHEMATICS

LIST COLORING OF BLOCK GRAPHS AND COMPLETE BIPARTITE GRAPHS

Albert Khachik Sahakyan,

Chair of Discrete Mathematics and Theoretical Informatics, Faculty of Informatics and Applied Mathematics, Yerevan State University, Armenia

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7661

ARTICLE INFO

Received: 19 June 2021

Accepted: 21 August 2021

Published: 30 August 2021

KEYWORDS

block graph, complete bipartite graphs, list coloring, edge coloring, NP-complete, dynamic programming, bipartite matching.

ABSTRACT

List coloring is a vertex coloring of a graph where each vertex can be restricted to a list of allowed colors. For a given graph G and a set $L(v)$ of colors for every vertex v , a list coloring is a function that maps every vertex v to a color in the list $L(v)$ such that no two adjacent vertices receive the same color. It was first studied in the 1970s in independent papers by Vizing and by Erdős, Rubin, and Taylor. A block graph is a type of undirected graph in which every biconnected component (block) is a clique. A complete bipartite graph is a bipartite graph with partitions V_1, V_2 such that for every two vertices $v_1 \in V_1$ and $v_2 \in V_2$ there is an edge (v_1, v_2) . If $|V_1| = n$ and $|V_2| = m$ it is denoted by $K_{(n,m)}$. In this paper we provide a polynomial algorithm for finding a list coloring of block graphs and prove that the problem of finding a list coloring of $K_{(n,m)}$ is NP-complete even if for each vertex v the length of the list is not greater than 3 ($|L(v)| \leq 3$).

Citation: Albert Khachik Sahakyan. (2021) List Coloring of Block Graphs and Complete Bipartite Graphs. *World Science*. 8(69). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30082021/7661

Copyright: © 2021 Albert Khachik Sahakyan. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Introduction. All graphs considered in this paper are undirected (unless explicitly said), finite, and have no loops or multiple edges. For an undirected graph G , let $V(G)$ and $E(G)$ denote the sets of vertices and edges of G , respectively. The degree of a vertex $v \in V(G)$ is denoted by $d_G(v)$.

Let I_k be the set $\{1, \dots, k\}$ of colors. For a set S let 2^S be the set of all the subsets of the set S . For a graph G and a function $L: V(G) \rightarrow 2^{I_k}$ a list coloring $\beta: V(G) \rightarrow I_k$ is a coloring of the graph vertices with integers from I_k such that for every vertex v , $\beta(v) \in L(v)$ and every two adjacent vertices have different colors. It was first introduced in [3] and [4]. For each vertex v the set $L(v)$ is called a list of colors.

A block graph or clique tree [1] is a type of undirected graph in which every biconnected component (block) is a clique (every two distinct vertices in the clique are adjacent). Fig. 1 illustrates an example of a block graph.

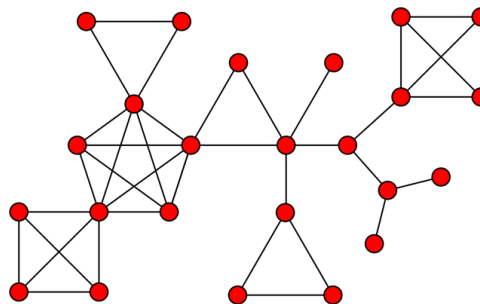


Fig 1. A block graph.

A cut vertex is any vertex whose removal increases the number of connected components [1] illustrated in Fig 2. Any connected graph decomposes into a tree of biconnected components called the block-cut tree of the graph [2]. In block graphs each block is clique.

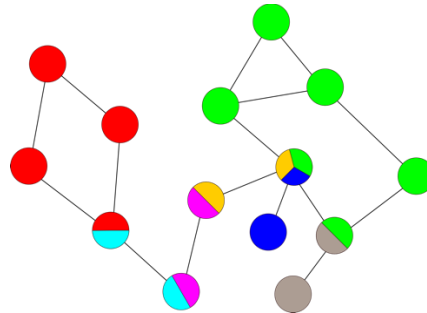


Fig 2. Each color corresponds to a biconnected component. Multi-colored vertices are cut vertices, and thus belong to multiple biconnected components.

A complete bipartite graph is a simple bipartite graph such that two vertices are adjacent if and only if they are in different partite sets. When the sets have sizes n and m , the (unlabeled) complete bipartite graph is denoted by $K_{n,m}$ [1].

For a directed graph \vec{G} if there is an edge from a vertex u to a vertex v we will denote it as $u \rightarrow v$. The graph G is called the underlying graph of a directed graph \vec{G} if $V(G) = V(\vec{G})$ and between any pair of vertices u and v , if the directed graph has an edge $u \rightarrow v$ or an edge $v \rightarrow u$, the underlying graph includes the edge (u, v) .

For a tree T and a vertex r let T_r be the directed graph whose underlying graph is T and in T_r each edge is directed in such a way that for all vertices $v \in T_r$ there is a path in T_r from r to v . We will say that T_r is a rooted tree with the root r . Fig. 3 illustrates the rooted tree T_{v_1} with the root v_1 .

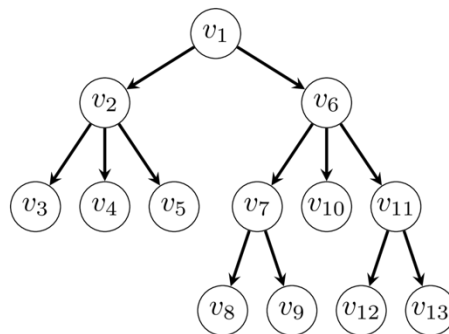


Fig. 3. A rooted tree T_{v_1} with the root v_1 .

A vertex u is said to be the parent of the vertex v , denoted by $p(v)$ if $u \rightarrow v$ and in such a case, the vertex v is said to be a child of the vertex u . The children of a vertex $v \in V(T_r)$ are the set of all vertices $W \subseteq V(T_r)$ such that $v \rightarrow w$ for all $w \in W$. A vertex having no children is said to be a leaf vertex. For a vertex v let $ST(v)$ be the subtree induced [1] by all the vertices w such that there is a path from v to w in T_r .

List coloring was first introduced in [3] and [4]. The list-coloring problem is NP-complete for general perfect graphs [5], and is also NP-complete for many subclasses of perfect graphs, including split graphs [6], interval graphs [7,8], and bipartite graphs [9]. In [6] a polynomial solution was provided for partial k -trees with the time complexity of $O(|V(G)|^{k+2})$. In [10] different subclasses of perfect graphs were considered where the vertex coloring problem has a polynomial solution but the list coloring problem is NP-Complete [11, 12]. In [13] the extended version of list coloring was considered where the colors are intervals of integers and it was shown that for bipartite and complete graphs the problem is NP-Complete.

NP-completeness of the list coloring for complete bipartite graphs

Given a complete bipartite graph $K_{n,m}$ with vertices in the first part denoted by V_1 and the vertices in the second part denoted by V_2 ($V(K_{n,m}) = V_1 \cup V_2$). In $K_{n,m}$ for every vertex $u \in V_1$ and every vertex $v \in V_2$ there is an edge connecting them $(u, v) \in E(K_{n,m})$. We are going to prove that the list coloring of $K_{n,m}$ is NP-complete even if the lists have at most 3 colors $|L(v)| \leq 3$ for all $v \in V(G)$. To do that we are going to show that the problem of 3-satisfiability (3-SAT) [12] can be solved by finding a list coloring of some $K_{n,m}$ and L .

Problem 1: Given a complete bipartite graph $K_{n,m}$ and lists of colors $L: V(K_{n,m}) \rightarrow 2^{I_k}$ with $|L(v)| \leq 3$. Find a list coloring β for it.

3-SAT Problem: Given a collection $C = \{c_1, \dots, c_m\}$ of clauses on a set $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ of Boolean variables such that $|c_i| = 3$ for $i = 1, \dots, m$. Is there a true assignment for X that satisfies all the clauses in C .

Theorem 1: The Problem 1 of finding a list coloring of complete bipartite graphs where lists can have at most 3 colors is NP-complete.

Proof. We will reduce the 3-SAT problem to the Problem 1. Assume we have an instance of 3-SAT with n variables X and m clauses C . We must construct a complete bipartite graph and provide lists of colors on it such that there is a list coloring on that graph if and only if there is a satisfying true assignment for X . Let x^σ be defined the following way: $x^\sigma = x$ when $\sigma = 1$ and $x^\sigma = \neg x$ when $\sigma = 0$. In that case each clause has this form $c_i = (x_{i1}^{\sigma_{i1}} \vee x_{i2}^{\sigma_{i2}} \vee x_{i3}^{\sigma_{i3}})$ where $x_{i1}, x_{i2}, x_{i3} \in X$ and $\sigma_{i1}, \sigma_{i2}, \sigma_{i3} \in \{0,1\}$.

We will construct the graph $K_{n,m}$ the following way: for each variable x_i for $i = 1, \dots, n$ we will construct a vertex u_i in V_1 ($|V_1| = n$) and for each clause c_i for $i = 1, \dots, m$ we will construct a vertex $v_i \in V_2$ ($|V_2| = m$). For every vertex u_i and a vertex v_j there is an edge $(u_i, v_j) \in K_{n,m}$. For every variable x_i we will introduce two colors. The color i will represent x_i and the color $n + i$ will represent $\neg x_i$. Hence $k = 2 * n$ and we will construct the lists the following way: for every vertex u_i the list $L(u_i) = \{i, n + i\}$. For every vertex v_i we will take its clause $c_i = (x_{i1}^{\sigma_{i1}} \vee x_{i2}^{\sigma_{i2}} \vee x_{i3}^{\sigma_{i3}})$ and the colors will be $L(v_i) = \{i1 + (1 - \sigma_{i1}) * n, i2 + (1 - \sigma_{i2}) * n, i2 + (1 - \sigma_{i2}) * n\}$ which means, if the variable x_j appears in the form of x_j in c_i then we have the color j in $L(v_i)$ and if the variable x_j appears in the form of $\neg x_j$ then we have the color $j + n$ in $L(v_i)$.

Now let us show that finding a list coloring on this $K_{n,m}, L$ is equivalent to finding a satisfying true assignment in C, X .

Let us first show that if $a_1, \dots, a_n \in \{false, true\}$ is a satisfying solution for C, X such that assigning a_j to x_j makes all $c_i = true$ then there is a list coloring $\beta: V(K_{n,m}) \rightarrow \{1, \dots, 2 * n\}$.

For the vertices in V_1 let $\beta(u_j) = j$ if $a_j = false$ and $\beta(u_j) = n + j$ if $a_j = true$. Now for each c_i one of the $a_{i1}^{\sigma_{i1}}, a_{i2}^{\sigma_{i2}}, a_{i3}^{\sigma_{i3}}$ is true. Suppose $a_{i1}^{\sigma_{i1}} = true$. If $\sigma_{i1} = 1$ then $a_{i1} = true$ and we will take $\beta(v_i) = i1$ and if $\sigma_{i1} = 0$ then $a_{i1} = false$ and we will take $\beta(v_i) = i1 + n$. Note that from this coloring the only conflict that can happen for the vertex v_i is the vertex u_{i1} because we either color it with $i1$ or $i1 + n$ and in V_1 only the vertex u_{i1} can have these colors. But we color the vertex v_i with $i1$ when $a_{i1} = true$ in which case the color of the vertex u_{i1} is $i1 + n$, and we color the vertex v_i with $i1 + n$ when $a_{i1} = false$ in which case the color of the vertex u_{i1} is $i1$. In other words, we color the vertices of V_2 with the colors for which they become true in the assignment and we color the vertices of V_1 with the opposite colors. This means that any satisfying assignment in C, X is also producing a list coloring in $K_{n,m}, L$.

Now suppose we have a list coloring β in $K_{n,m}, L$, let us show that there is a satisfying solution for C, X . For each vertex in u_i we either have $\beta(u_i) = i$ or $\beta(u_i) = n + i$. Let us construct the assignment a_1, \dots, a_n the following way: $a_i = true$ if $\beta(u_i) = n + i$ and $a_i = false$ if $\beta(u_i) = i$. We now want to show that taking $x_j = a_j$ is a satisfying solution for every c_i clause. $c_i = (x_{i1}^{\sigma_{i1}} \vee x_{i2}^{\sigma_{i2}} \vee x_{i3}^{\sigma_{i3}})$ and we need to show that one of the $a_{i1}^{\sigma_{i1}}, a_{i2}^{\sigma_{i2}}, a_{i3}^{\sigma_{i3}}$ is true. Without loose of generality assume the color of the vertex v_i is $i1 + (1 - \sigma_{i1}) * n$. If $\sigma_{i1} = 1$ it means $\beta(v_i) = i1$ which means $\beta(u_{i1}) = i1 + n$ (because the colors should be different), which means $a_{i1} = true$ resulting $a_{i1}^{\sigma_{i1}} = true$ and hence $c_i = true$. If $\sigma_{i1} = 0$ it means $\beta(v_i) = i1 + n$ which means $\beta(u_{i1}) = i1$, which

means $a_{i1} = false$ resulting $a_{i1}^{\sigma_{i1}} = true$ and hence $c_i = true$. This means that any list coloring in $K_{n,m}, L$ is also producing a satisfying assignment in C, X proving that the two problems are equivalent, which means the Problem 1 is NP-complete.

A polynomial algorithm for the list coloring of block graphs.

For a given block graph G let $N = |V(G)|$ and there are restrictions L on the vertices such that for each vertex v the restriction $L(v)$ is a set of colors that is allowed to use for the vertex v and $L(v) \subseteq I_k$ (for a given k). We need to find a vertex coloring β such that for each vertex the restriction is met $\beta(v) \in L(v)$.

Problem: Given an arbitrary block graph G with $N = |V(G)|$ vertices and given arbitrary restrictions L for every vertex v with $L(v) \subseteq I_k$. Determine whether it is possible to have a vertex coloring $\beta: V(G) \rightarrow I_k$ such that $\beta(v) \in L(v)$ for every vertex v .

For the block graph G let us construct its respective block-cut tree and denote it as T . Each vertex in T is either a cut vertex or a block of the graph G . Fig 4 illustrate a block graph and its respective block-cut tree. Vertices 2, 8, 13, 14, 15 in the graph G are respectively the vertices c_1, c_2, c_3, c_4, c_5 in the block-cut tree T . In the block-cut tree T if the vertex is a cut vertex in the graph G we will call it a cut vertex in T and if the vertex is a block of the graph G we will call it a block vertex in the tree T . We will draw cut vertices with circles and block vertices with squares. If the vertex v is a block vertex in the tree T then let $B(v)$ be the block of the graph G associated with that block vertex. Since G is a block graph $B(v)$ will be a clique. For a cut vertex v in the tree T let $C(v)$ be the cut vertex in the graph G .

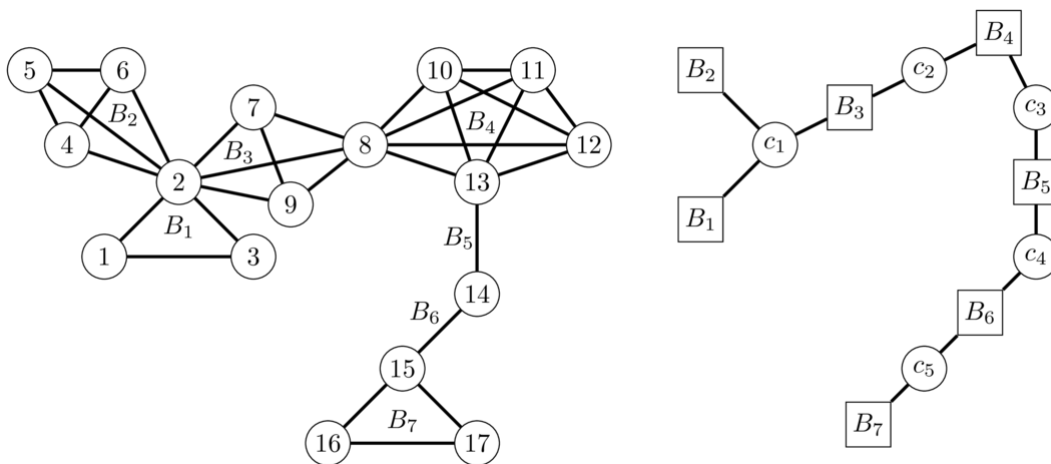


Fig 4. Block graph on the left and its respective block cut tree on the right.

All the leaf vertices in T ($d_T(v) = 1$) are block vertices since a cut vertex is always connected to at least 2 different block vertices in the tree (because removing a cut vertex of the graph G will make the graph disconnected).

If the block graph does not contain a cut vertex, then it is a complete graph. Let us first see how we can solve the list coloring problem in the case of complete graphs. For every vertex from v_1, \dots, v_N we need to select a color from $1, \dots, k$ that meets the restriction $\beta(v_i) \in L(v_i)$. We will construct a bipartite graph the following way: the first partition V_1 will be $\{v_1, \dots, v_N\}$ and the second partition V_2 will be $\{u_1, \dots, u_k\}$. In this bipartite graph we will construct an edge (v_i, u_j) if the color $j \in L(v_i)$. In that case finding a list coloring is equivalent to finding a matching of size N in this bipartite graph because we need to assign a color to each vertex in a way that all the colors are different and the restrictions are met. Fig 5 illustrates that bipartite graph.

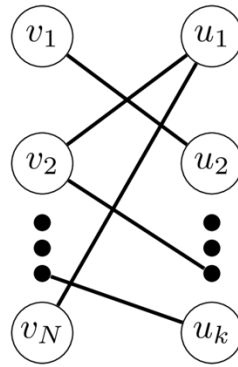


Fig 5. The bipartite graph constructed from the complete graph with provided list of colors.

Moving forward we will assume that there is at least one cut vertex in the graph G . Let r be an arbitrary cut vertex in T which will also be a cut vertex in the graph G . We are interested in the rooted tree T_r . In that case T_r would look like the tree shown in Fig. 6. Since r is a cut vertex the children of the vertex r are block vertices.

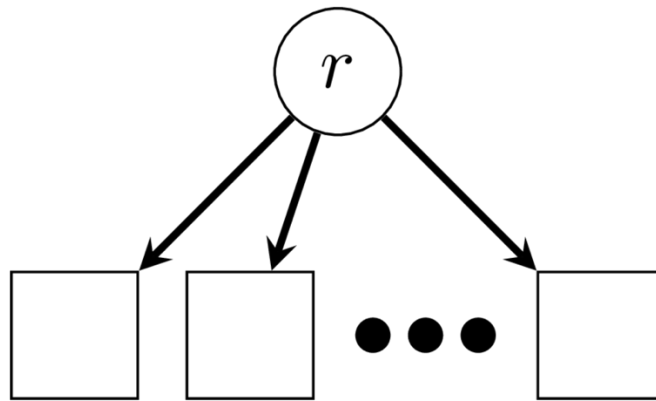


Fig 6. The rooted block-cut tree T_r

For each vertex v in the tree T_r let $U(v)$ be the subtree $ST(v)$ if the vertex v is a cut vertex and the subtree induced by the subset $V(ST(v)) \cup \{p(v)\}$ of the vertices in T_r if the vertex v is a block vertex. Fig. 7 illustrates the subtree $U(v_3)$ and the subtree $U(v_4)$ in T_{v_1} .

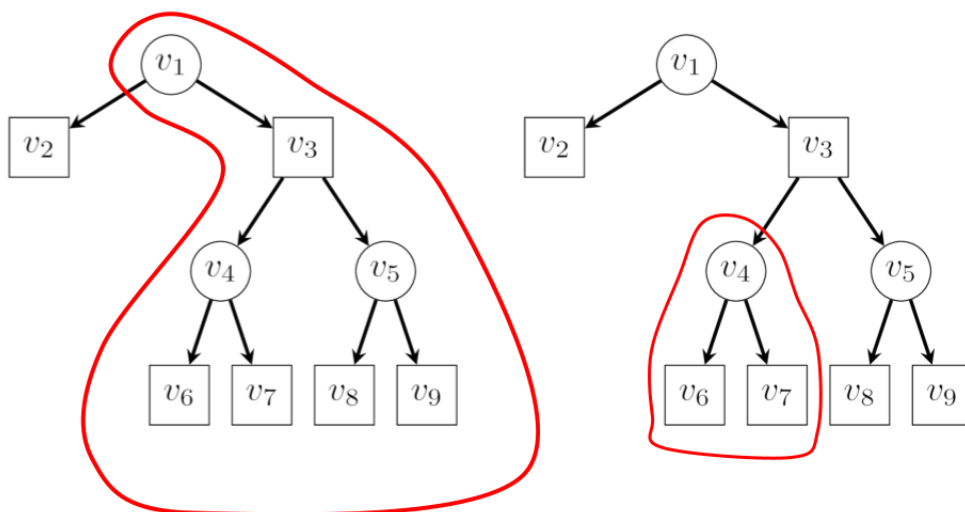


Fig 7. The subtree $U(v_3)$ on the left and the subtree $U(v_4)$ on the right in the tree T_{v_1} .

For a subtree $U(v)$ let $root(U(v))$ be the vertex v if it is a cut vertex, and the vertex $p(v)$ if it is a block vertex. For a block vertex v the vertex $p(v)$ is a cut vertex and $C(p(v))$ is included in the block $B(v)$, $C(p(v)) \in B(v)$. For a non-root cut vertex v in T_r the vertex $p(v)$ is a block vertex and $C(v) \in B(p(v))$. For every v the vertex $root(U(v))$ is a cut vertex that is connected to some child block vertices.

For every vertex $v \in T_r$ let $SG(v)$ be the subgraph of the block graph G induced by all the vertices that are included in any of the block vertices of $U(v)$ in T_r , i.e. if u is a block vertex in T_r and $u \in V(U(v))$ then $V(B(u)) \subseteq V(SG(v))$. Let $dp[v][c] = 1$ if it is possible to have a list coloring in the subgraph $SG(v)$ in a way that the vertex $C(root(U(v)))$ has the color c . Since the vertex $root(U(v))$ is a cut vertex we want to color it with the color c and have a vertex coloring in $SG(v)$. If it is impossible to have such list coloring then $dp[v][c] = 0$. Here c goes from 1 to k .

In order to calculate the values of $dp[v][c]$ we will need to calculate these values for the children u_1, \dots, u_m of the vertex v in T_r . Suppose we already calculated the values for the child vertices, how can we use those values to calculate $dp[v][c]$? We will consider two cases: the vertex v is a cut vertex and the vertex v is a block vertex.

If the vertex v is a cut vertex, then the vertices u_1, \dots, u_m are block vertices and for subtrees $U(u_i)$ we have $root(U(u_i)) = v$. Which means they all have the common vertex v . In this case $root(U(v)) = v$ too, so we essentially want to know for which colors c if it is possible to have a list coloring of the subgraph $SG(v)$. In this case $dp[v][c] = 1$ if and only if $dp[u_i][c] = 1$ for all $i = 1, \dots, m$ since $root(U(u_i)) = v$ and hence the color of the $root(U(u_i))$ should be the same color c . Fig 8 illustrates this case.

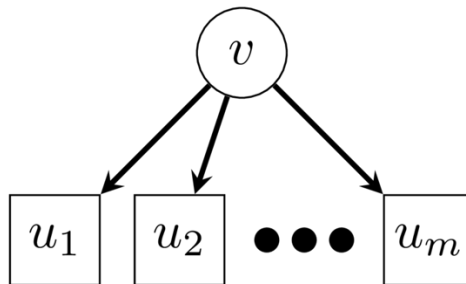


Fig 8. The subtree $U(v)$ when the vertex v is a cut vertex.

If the vertex v is a block vertex it means that the child vertices u_1, \dots, u_m are cut vertices and the vertex $root(U(v)) = p(v)$ is also a cut vertex. In other words, the vertices $C(p(v)), C(u_1), \dots, C(u_m) \in B(v)$. Fig 9 illustrates this case.

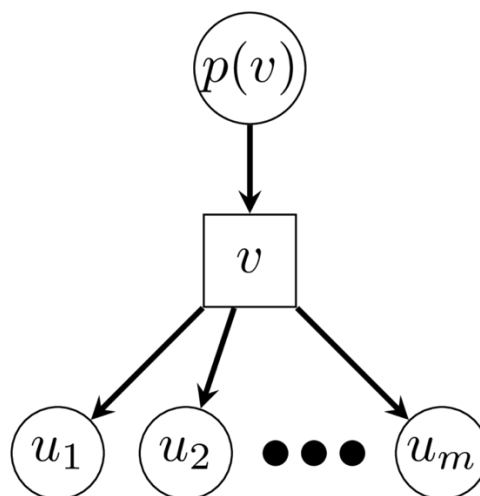


Fig 9. The subtree $U(v)$ when the vertex v is a block vertex.

Consider the block $B(v)$, since it is a clique, we should make sure that all the vertices in this block have different colors. Let $t = |V(B(v))| - 1$ and let the vertices of $B(v)$ be $\{g_0, \dots, g_t\}$ such that $g_0 = C(p(v)), g_1 = C(u_1), \dots, g_m = C(u_m)$. The vertices g_0, g_1, \dots, g_m are cut vertices and the vertices g_{m+1}, \dots, g_t are not cut vertices in the block graph G . In order to find a list coloring of $SG(v)$ we need to find a list coloring for the block $B(v)$ and also for all the subgraphs $SG(u_1), \dots, SG(u_m)$. This means we need to find distinct colors c_0, \dots, c_t such that $c_i \in L(g_i)$ for all $0 \leq i \leq t$ and $dp[u_j][c_j] = 1$ for all the child vertices ($1 \leq j \leq m$). If we are calculating the value $dp[v][c]$ it means that $c_0 = c$. We will construct a bipartite graph the following way: the left partition will be V_1 and will have the vertices $\{g_0, \dots, g_t\}$ and the right partition will be V_2 with the vertices u_1, \dots, u_k . To calculate the answer for the color $c \in L(g_0)$ we will construct the edges of the bipartite graph the following way: for the vertex g_0 we will only add the edge (g_0, u_c) , for the vertices g_1, \dots, g_m we will add an edge (g_a, u_b) if $dp[g_a][b] = 1$, for the vertices g_{m+1}, \dots, g_t we will add an edge (g_a, u_b) if $b \in L(g_a)$. Finding a maximal matching of size $t + 1$ means assigning different colors to the vertices g_0, \dots, g_t such that the restrictions $L(g_j)$ are satisfied, and it is possible to color the subgraphs $SG(u_i)$ for all the child cut vertices. If we find such matching, we assign $dp[v][c] = 1$ otherwise we assign $dp[v][c] = 0$. Fig 10 illustrates the bipartite graph for this case.

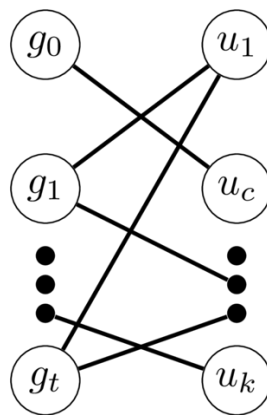


Fig 10. The bipartite graph for a block with vertices g_0, \dots, g_t .

We can calculate the values of $dp[v][i]$ in the tree T_r from the bottom to the top. If there is a color i such that $dp[r][i] = 1$ it means we were able to find a list coloring for $SG(r)$ which is the entire graph G . Storing the results of maximal matchings will allow us to later construct the list coloring from top to bottom.

Let us now calculate the complexity of the algorithm. For every block of the graph G we would need to find a maximal matching. If $N = |V(G)|$ and we want to color with the colors from $1, \dots, k$ then for a block of size t we would need to calculate a matching for a bipartite graph that has t vertices on the left partition and k vertices on the right partition which can be done in $O(t * t * k)$ for every color i . Since the sum of the number of vertices from all the blocks is $O(N)$ then it would take about $O(N^2 * k^2)$ operations. If $k = O(N)$ then the algorithm will run in $O(N^4)$. Note that we can always assume that $k = |\cup_{v \in V(G)} L(v)| \leq \sum_{v \in V(G)} |L(v)|$ since we can remove the redundant colors and reindex the colors. This means that k is less than the size of the input and hence the algorithm has a polynomial time complexity.

REFERENCES

1. West D.B. Introduction to Graph Theory. Prentice-Hall, New Jersey, 1996.
2. Harary F. Graph Theory. Addison-Wesley Publishing Company, Boston, 1969.
3. P. Erdős, A.L. Rubin, H. Taylor, Choosability in graphs, Proc. West Coast Conf. on Combinatorics, Graph Theory and Computing, Congr. Numer. 26, 1979, pp. 125-157.
4. Vizing, V. G. (1976), "Vertex colorings with given colors", Metody Diskret. Analiz. (In Russian), 29: 3–10
5. Hougardy, S. (2006). Classes of perfect graphs. Discret. Math., 306, 2529-2571.

6. Jansen, K., & Scheffler, P. (1997). Generalized coloring for tree-like graphs. *Discrete Applied Mathematics*, 75(2), 135–155. [https://doi.org/10.1016/s0166-218x\(96\)00085-6](https://doi.org/10.1016/s0166-218x(96)00085-6)
7. Biró, M., Hujter, M. & Tuza, Z. (1992). Precoloring extension. I. Interval graphs. *Discrete Mathematics*, 100, 267-279.
8. Marx, D. (2006). Precoloring extension on unit interval graphs. *Discrete Applied Mathematics*, 154, 995–1002.
9. Jansen, K. (1997). The Optimum Cost Chromatic Partition Problem. In G. C. Bongiovanni, D. P. Bovet & G. D. Battista (eds.), *CIAC* (p./pp. 25-36),: Springer. ISBN: 3-540-62592-5
10. Bonomo, F., Durán, G. & Marenco, J. (2009). Exploring the complexity boundary between coloring and list-coloring. *Ann. Oper. Res.*, 169, 3-16.
11. Karp, R. (1972). Reducibility among combinatorial problems. In R. Miller & J. Thatcher (ed.), *Complexity of Computer Computations* (pp. 85-103). Plenum Press.
12. Cook, S. A. (1971). The complexity of theorem proving procedures. *Proceedings of the Third Annual ACM Symposium* (p./pp. 151--158), New York.
13. Kubale M. Interval vertex-coloring of a graph with forbidden colors. *Discret. Math.*, 74, (1989) 125-136.

MEDICINE

АНАТОМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ НАД-, ПІДОЧНОЯМКОВОГО ТА ПІДБОРІДНОГО ОТВОРІВ У ПЛОДІВ ТА НОВОНАРОДЖЕНИХ

В. О. Костюк, Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці. Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1706-6666>

О. М. Слободян, Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці. Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4402-8457>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7657

ARTICLE INFO

Received: 11 June 2021
Accepted: 10 August 2021
Published: 30 August 2021

KEYWORDS

supra-, suborbital, chin openings, morphometry, model, fetus, newborn.

ABSTRACT

Using modern anatomical methods, 57 preparations of human fetuses 4-10 months and 7 newborns were studied in order to create models of distances of supra-, suborbital and chin openings between themselves and to standard landmarks in fetuses and newborns taking into account their morphometric parameters. The model of the distance from the supraorbital foramen to bregma (Y_1): $Y_1 = \beta_0 + 0.092 \times$ parietal-heel length of the fetus, where β_0 :: 2,783, if the age period = 4 months; 3,106 = 5 months; -0.662 = 6 months; 4,728 = 7 months; 2,676 = 8 months; 0.402 = 9 months; -1,727 = 10 months; 9,094 = newborns; model of the distance between the supra- and suborbital foramina (Y_2): $Y_2 = \beta_0 + 0.011 \times$ parietal-heel length of the fetus, where β_0 :: 8,147, if the age period = 4 months; 9.086 = 5 months; 10,260 = 6 months; 12,020 = 7 months; 12,129 = 8 months; 15,164 = 9 months; 17,429 = 10 months; 18,808 = newborns; model of the distance between the orbital and chin openings (Y_3): $Y_3 = \beta_0 + 0.002 \times$ parietal-heel length of the fetus, where β_0 :: 8.987, if the age period = 4 months; 9,134 = 5 months; 9,892 = 6 months; 12,250 = 7 months; 11,636 = 8 months; 16,755 = 9 months; 17,877 = 10 months; 18,054 = newborns; model of the distance between the chin holes and the lower edge of the mandible (Y_4): $Y_4 = \beta_0 + 0.008 \times$ parietal-heel length of the fetus, where β_0 :: 0.268, if the age period = 4 months; 0.178 = 5 months; 0.020 = 6 months; -0.152 = 7 months; 0.020 = 8 months; -0.115 = 9 months; -0.079 = 10 months; -0.039 = newborns; model of the distance between the orbital foramina (Y_5): $Y_5 = \beta_0 + 0.030 \times$ parietal-heel length of the fetus, where β_0 :: 5,762, if the age period = 4 months; 5,895 = 5 months; 11,227 = 6 months; 13,793 = 7 months; 11,691 = 8 months; 11,173 = 9 months; 12,633 = 10 months; 14,494 = newborns; model of the distance between the orbital foramina (Y_6): $Y_6 = \beta_0 + 0.008 \times$ parietal-heel length of the fetus, where β_0 :: 9,272, if the age period = 4 months; 11,081 = 5 months; 13,467 = 6 months; 16,854 = 7 months; 15,912 = 8 months; 17,653 = 9 months; 22,635 = 10 months; 23,447 = newborns; model of the distance between the chin holes (Y_7): $Y_7 = \beta_0 - 0.014 \times$ parietal-heel length of the fetus, where β_0 :: 12,959, if the age period = 4 months; 15,282 = 5 months; 18,117 = 6 months; 23,178 = 7 months; 23,175 = 8 months; 30,496 = 9 months; 32,227 = 10 months; 33,272 = newborns.

Citation: Vlacheslav Kostiuk, Oleksandr Slobodian. (2021) Anatomical Modeling of Super-, Sub-Eye Patch and Chin Openings in Fruits and Newborn. *World Science*. 8(69). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30082021/7657

Copyright: © 2021 **Vlacheslav Kostiuk, Oleksandr Slobodian**. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Зацікавлення щодо дослідження окремих структур щелепно-лицевої ділянки у перинатальному онтогенезі людини ініційоване подальшим розширенням напрацювань щодо індивідуальної анатомічної мінливості органів, систем та форми тіла людини, які разом із нарощенням у наукових розробках інтегративного підходу, є фундаментом медицини [3]. Розуміння основоположних принципів, що пов'язані з розвитком структур щелепно-лицевої ділянки має важливе практичне значення в щелепно-лицевій хірургії, стоматології та педіатрії [5].

Вивчення індивідуальних анатомічних особливостей над-, підчочномкових та підборідних отворів у плодів та новонароджених з наступною побудовою математичних моделей є актуальним завданням морфологічної науки, зважаючи на збільшення частоти природжених вад щелепно-лицевої ділянки [10-12]. Систематизовані дані про особливості просторово-часових перетворень морфометричних параметрів даних структур та з'ясування їх кореляції сприятимуть індивідуалізації норми, удосконаленню методів ранньої діагностики та розробці нових способів хірургічної корекції природжених вад лица [1, 2, 7].

Анатомічні особливості багатьох важливих структур і ділянок черепа в значній мірі описана у дорослих людей, а питанням морфометричних перетворень над-, підчочномкових та підборідних отворів у плодів та новонароджених людини присвячено невелика кількість наукових публікацій, наявні суперечливі дані, які мають фрагментарний характер [3, 4, 6, 8, 9]. Незважаючи на те, що перинатальний період розвитку відносно короткий, перетворення організму за цей час є доволі суттєвими та потребують детального вивчення.

Мета дослідження: розробити моделі відстаней над-, підчочномкових та підборідних отворів між собою і до стандартних орієнтирів у плодів і новонароджених з врахуванням їх морфометричних параметрів.

Матеріал та методи. Дослідження проведено на 57 препаратах плодів людини 4-10 місяців та 7 новонароджених (зокрема, 5 ізольованих органокомплексів) обох статей, без зовнішніх ознак анатомічних відхилень або аномалій та без явних макроскопічних відхилень від нормальної будови черепа за допомогою адекватних анатомічних методів: макропрепарування, виготовлення топографоанатомічних зрізів, комп'ютерної томографії, краніометрії. Краніометричне дослідження проводили в горизонтальній вушно-очній площині, в так названій «франкфуртській горизонталі», перед цим кожний об'єкт фіксували в краніостаті. Для побудови математичних моделей використовували такі морфометричні параметри: у поздовжньому напрямі: відстань від надчочномкового отвору до bregma справа та зліва, відстані між над- та підчочномковими отворами, відстані між підчочномковими та підборідними отворами, відстані між підборідними отворами до краю нижньої щелепи; у поперечному напрямі: відстані між над-, підчочномковими і підборідними отворами.

Статистичний аналіз отриманих даних проводили за допомогою ліцензованої програми RStudio. Перевірялась нульова гіпотеза про те, що вибірки взяті з одного розподілу, або з розподілів з однаковими медіанами:

H_0 : {кожна група має однаковий розподіл}

H_1 : {кожна група не має однакового розподілу}

Використовували тест Стюдента, непараметричний критерій Краскела-Уолліса (дає відповідь на питання чи є відмінність між розподілами груп, однак не вказує які саме групи вирізняються), тест Коновера-Імана для порівняння стохастичного домінування та отримання результатів між різними попарними порівняннями після тесту Краскела-Уолліса для стохастичного домінування серед k груп. Статистично значущими вважали значення при $p < 0,05$.

Проведена оцінка характеру розподілів для кожного з отриманих варіаційних рядів, середні для кожної ознаки, що вивчається, стандартне квадратичне відхилення, процентильний розмах показників. Робота виконана з дотриманням основних положень Гельсінської декларації Всесвітньої медичної асоціації про етичні принципи проведення науково-медичних досліджень за участю людини (1964-2000) та наказу МОЗ України № 690 від 23.09.2009 р. і є фрагментом комплексної планової ініціативної науково-дослідної роботи кафедр анатомії людини імені М.Г. Туркевича, анатомії, клінічної анатомії та оперативної хірургії Буковинського державного медичного університету МОЗ України: «Закономірності статево-вікової будови та топографоанатомічних перетворень органів і структур організму на пре- та постнатальному етапах онтогенезу. Особливості перинатальної анатомії та ембріотопографії», номер державної реєстрації 0120U101571.

Результати дослідження та їх обговорення. Провівши порівняння середніх значень усіх морфометричних параметрів відстані від надочномкового отвору до bregma справа та зліва, відстані між над- та підочномковими отворами, відстані між підочномковими та підборідними отворами, відстані між підборідними отворами до краю нижньої щелепи, відстані між над-, підочномковими і підборідними отворами у всіх вікових групах, використавши тест Вілкоксона, можна констатувати, що всі p-value більші, ніж рівень значимості $\alpha=0,05$, що вказує на відсутність значимої різниці, крім групи «Новонароджені» відстані від надочномкового отвору до bregma зліва і справа. Отже, на основі середніх арифметичних даних досліджуваних параметрів, побудовані моделі прогнозування нормативних значень морфометричних показників відстаней до **над-, підочномкових та підборідних отворів у плодів та новонароджених** між собою і до стандартних орієнтирів з використанням віку плода та його тім'яно-п'яркової довжини.

Модель відстані від надочномкового отвору до bregma (Y_1) у плодів та новонароджених має вигляд (рис. 1):

$$Y_1 = \beta_0 + 0,092 \times \text{тім'яно-п'яркова довжина плода},$$

де β_0 : 2,783, якщо віковий період = 4 міс; 3,106 = 5 міс; -0,662 = 6 міс; 4,728 = 7 міс; 2,676 = 8 міс; 0,402 = 9 міс; -1,727 = 10 міс; 9,094 = новонароджені.

Коефіцієнт детермінації моделі становить 96,48 %.

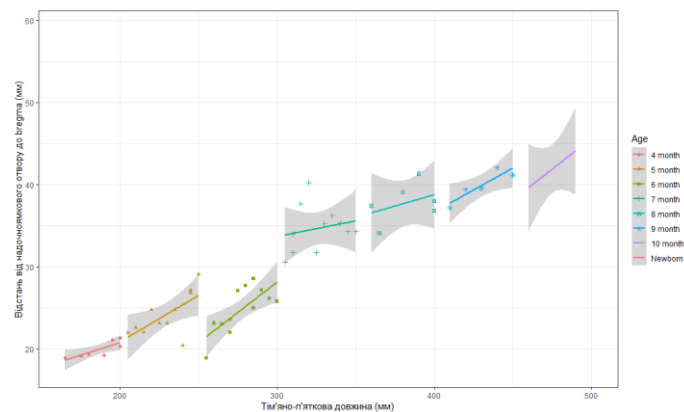


Рис. 1. Діаграма моделі відстані від надочномкового отвору до bregma в плодів та новонароджених

Модель відстані між над- і підочномковими отворами (Y_2) у плодів та новонароджених має вигляд (рис. 2):

$$Y_2 = \beta_0 + 0,011 \times \text{тім'яно-п'яркова довжина плода},$$

де β_0 : 8,147, якщо віковий період = 4 міс; 9,086 = 5 міс; 10,260 = 6 міс; 12,020 = 7 міс; 12,129 = 8 міс; 15,164 = 9 міс; 17,429 = 10 міс; 18,808 = новонароджені.

Коефіцієнт детермінації моделі становить 95,45 %.

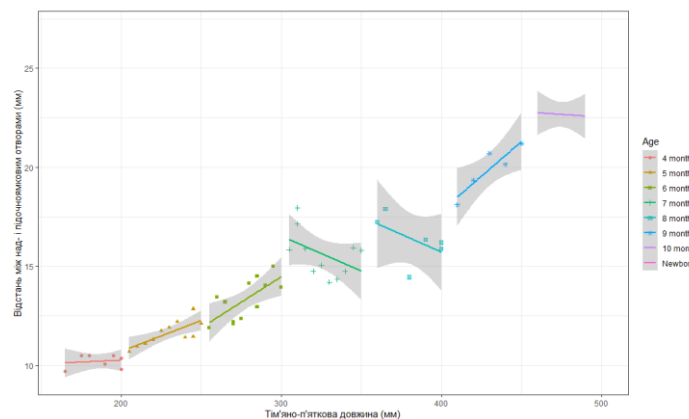


Рис. 2. Діаграма моделі відстані між над- і підочномковими отворами в плодів та новонароджених

Модель відстані між надочноячковими і підборідними отворами (Y_3) у плодів та новонароджених має вигляд (рис. 3):

$$Y_3 = \beta_0 + 0,002 \times \text{тім'яно-п'яткова довжина плода},$$

де β_0 : 8,987, якщо віковий період = 4 міс; 9,134 = 5 міс; 9,892 = 6 міс; 12,250 = 7 міс; 11,636 = 8 міс; 16,755 = 9 міс; 17,877 = 10 міс; 18,054 = новонароджені.

Коефіцієнт детермінації моделі становить 90,94 %.

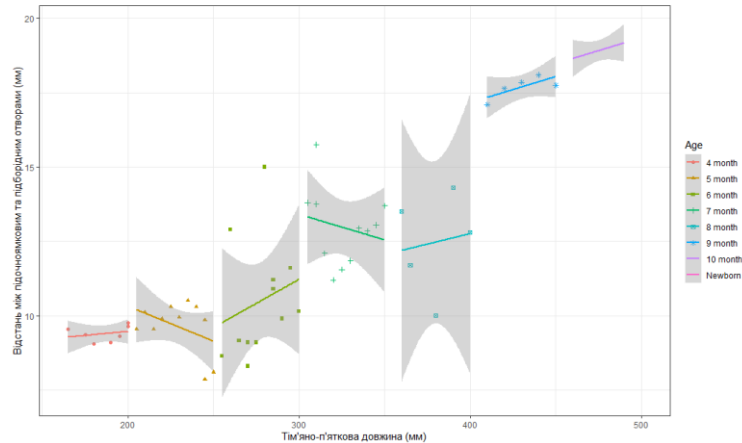


Рис. 3. Діаграма моделі відстані між надочноячковими і підборідними отворами в плодів та новонароджених

Модель відстані між підборідними отворами і нижнім краєм нижньої щелепи (Y_4) у плодів та новонароджених має вигляд (рис. 4):

$$Y_4 = \beta_0 + 0,008 \times \text{тім'яно-п'яткова довжина плода},$$

де β_0 : 0,268, якщо віковий період = 4 міс; 0,178 = 5 міс; 0,020 = 6 міс; -0,152 = 7 міс; 0,020 = 8 міс; -0,115 = 9 міс; -0,079 = 10 міс; -0,039 = новонароджені.

Коефіцієнт детермінації моделі становить 82,25 %.

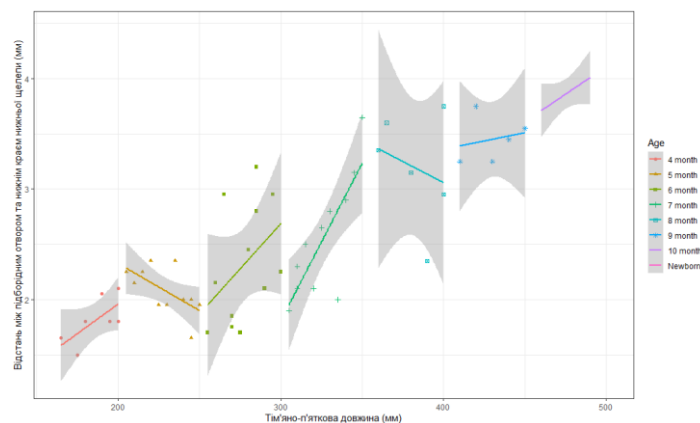


Рис. 4. Діаграма моделі відстані між підборідними отворами і нижнім краєм нижньої щелепи в плодів та новонароджених

Модель відстані між надочноячковими отворами (Y_5) у плодів та новонароджених має вигляд (рис. 5):

$$Y_5 = \beta_0 + 0,030 \times \text{тім'яно-п'яткова довжина плода},$$

де β_0 : 5,762, якщо віковий період = 4 міс; 5,895 = 5 міс; 11,227 = 6 міс; 13,793 = 7 міс; 11,691 = 8 міс; 11,173 = 9 міс; 12,633 = 10 міс; 14,494 = новонароджені.

Коефіцієнт детермінації моделі становить 92,02 %.

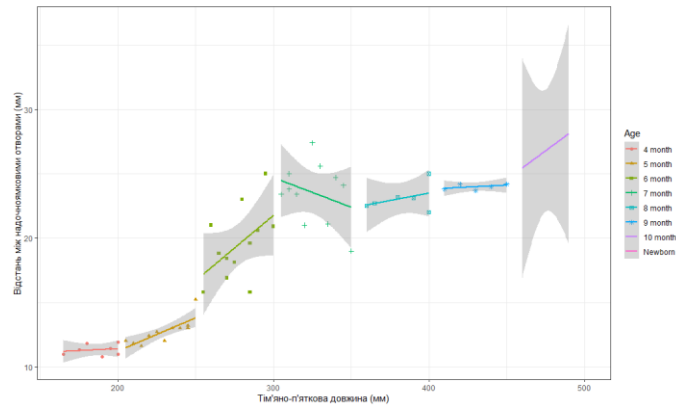


Рис. 5. Діаграма моделі відстані між надочномковими отворами в плодів та новонароджених

Модель відстані між підочномковими отворами (Y_6) у плодів та новонароджених має вигляд (рис. 6):

$$Y_6 = \beta_0 + 0,008 \times \text{тім'яно-п'яткова довжина плода},$$

де β_0 : 9,272, якщо віковий період = 4 міс; 11,081 = 5 міс; 13,467 = 6 міс; 16,854 = 7 міс; 15,912 = 8 міс; 17,653 = 9 міс; 22,635 = 10 міс; 23,447 = новонароджені.

Коефіцієнт детермінації моделі становить 93,94 %.

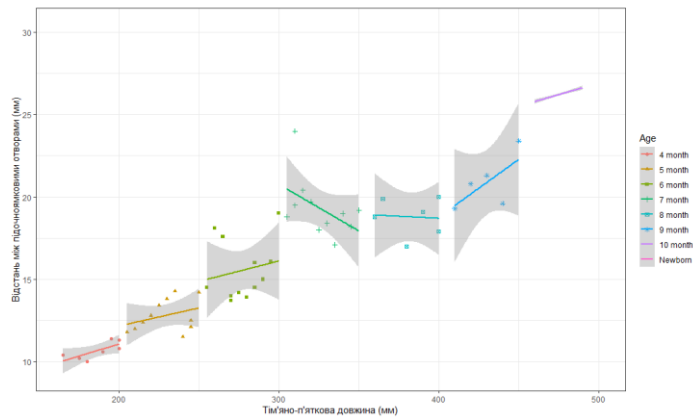


Рис. 6. Діаграма моделі відстані між підочномковими отворами в плодів та новонароджених

Модель відстані між підборідними отворами (Y_7) у плодів та новонароджених має вигляд (рис. 7):

$$Y_7 = \beta_0 - 0,014 \times \text{тім'яно-п'яткова довжина плода},$$

де β_0 : 12,959, якщо віковий період = 4 міс; 15,282 = 5 міс; 18,117 = 6 міс; 23,178 = 7 міс; 23,175 = 8 міс; 30,496 = 9 міс; 32,227 = 10 міс; 33,272 = новонароджені.

Коефіцієнт детермінації моделі становить 93,96 %.

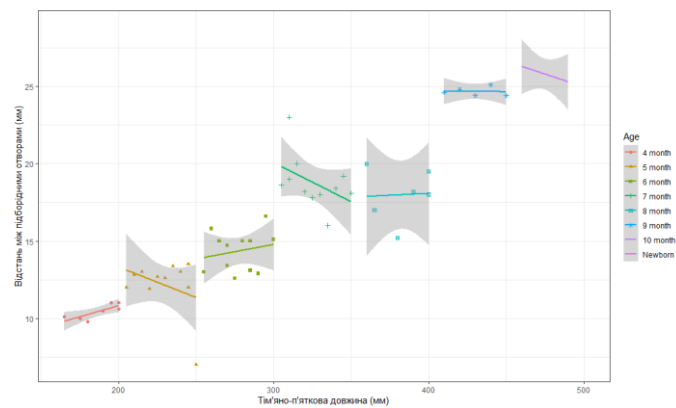


Рис. 7. Діаграма моделі відстані між підборідними отворами в плодів та новонароджених

Висновки. Створені моделі нормативних морфометричних параметрів відстаней до над-, підчочномкових та підборідних отворів у плодів та новонароджених між собою і до стандартних орієнтирів: модель відстані від надчочномкового отвору до bregma (Y_1): $Y_1 = \beta_0 + 0,092 \times$ тім'яно-п'яtkова довжина плода, де β_0 : 2,783, якщо віковий період = 4 міс; 3,106 = 5 міс; -0,662 = 6 міс; 4,728 = 7 міс; 2,676 = 8 міс; 0,402 = 9 міс; -1,727 = 10 міс; 9,094 = новонароджені; модель відстані між над- і підчочномковими отворами (Y_2): $Y_2 = \beta_0 + 0,011 \times$ тім'яно-п'яtkова довжина плода, де β_0 : 8,147, якщо віковий період = 4 міс; 9,086 = 5 міс; 10,260 = 6 міс; 12,020 = 7 міс; 12,129 = 8 міс; 15,164 = 9 міс; 17,429 = 10 міс; 18,808 = новонароджені; модель відстані між надчочномковими і підборідними отворами (Y_3): $Y_3 = \beta_0 + 0,002 \times$ тім'яно-п'яtkова довжина плода, де β_0 : 8,987, якщо віковий період = 4 міс; 9,134 = 5 міс; 9,892 = 6 міс; 12,250 = 7 міс; 11,636 = 8 міс; 16,755 = 9 міс; 17,877 = 10 міс; 18,054 = новонароджені; модель відстані між підборідними отворами і нижнім краєм нижньої щелепи (Y_4): $Y_4 = \beta_0 + 0,008 \times$ тім'яно-п'яtkова довжина плода, де β_0 : 0,268, якщо віковий період = 4 міс; 0,178 = 5 міс; 0,020 = 6 міс; -0,152 = 7 міс; 0,020 = 8 міс; -0,115 = 9 міс; -0,079 = 10 міс; -0,039 = новонароджені; модель відстані між надчочномковими отворами (Y_5): $Y_5 = \beta_0 + 0,030 \times$ тім'яно-п'яtkова довжина плода, де β_0 : 5,762, якщо віковий період = 4 міс; 5,895 = 5 міс; 11,227 = 6 міс; 13,793 = 7 міс; 11,691 = 8 міс; 11,173 = 9 міс; 12,633 = 10 міс; 14,494 = новонароджені; модель відстані між підчочномковими отворами (Y_6): $Y_6 = \beta_0 + 0,008 \times$ тім'яно-п'яtkова довжина плода, де β_0 : 9,272, якщо віковий період = 4 міс; 11,081 = 5 міс; 13,467 = 6 міс; 16,854 = 7 міс; 15,912 = 8 міс; 17,653 = 9 міс; 22,635 = 10 міс; 23,447 = новонароджені; модель відстані між підборідними отворами (Y_7): $Y_7 = \beta_0 - 0,014 \times$ тім'яно-п'яtkова довжина плода, де β_0 : 12,959, якщо віковий період = 4 міс; 15,282 = 5 міс; 18,117 = 6 міс; 23,178 = 7 міс; 23,175 = 8 міс; 30,496 = 9 міс; 32,227 = 10 міс; 33,272 = новонароджені.

Перспективи подальших досліджень. Проведення краніометрії структур лица у дитячому віці з наступним статистичним аналізом і побудовою моделей прогнозування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузник НБ, Яковець КІ. Математичне моделювання закономірностей вікової динаміки морфологічних параметрів носової ділянки плодів людини. Буковинський медичний вісник. 2017; 21.1(81):67-70.
2. Приймак СГ, Приймак КВ. Пренатальна діагностика вроджених вад розвитку плода в І триместрі вагітності. Південноукраїнський медичний науковий журнал. 2020; 25 (25):54-56.
3. Сазонова ОМ, Вовк ОЮ, Гордійчук ДО, Ікрамов ВБ, Дубина СО. Аналіз кутових розмірів лицевого відділу черепа людини зрілого віку з різними краніотипами. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. 2018. 17.4:13-19.
4. Слободян ОМ, Костюк ВО, Лаврів ЛП, Корчинська НС. Сучасні відомості про топографо-анатомічні особливості над-, підчочномкового та підборідного отворів. Biomedical and biosocial anthropology. 2017;29:240-5.
5. Слободян ОМ, Проняєв ДВ, Товкач ЮВ, (редактори). Анатомо-функціональні особливості окремих структур та органів голови. Чернівці. БДМУ. 2020. 198 с.
6. Хмара ТВ, Кузник НБ, Морараш ЮА, Ризничук МО, Петрюк АЄ, Кавун МП. Онтологія варіантів будови та вад розвитку черепа. Частина I. Український журнал медицини, біології та спорту. 2021; 6.2(30):20-30.
7. Bertoglio B, Corradin S, Cappella A, Mazzarelli D, Biehler-Gomez L, Messina C, Pozzi G et al. Pitfalls of Computed Tomography 3D Reconstruction Models in Cranial Nonmetric Analysis. J Forensic Sci. 2020 Nov;65(6):2098-2107. doi: 10.1111/1556-4029.14535. Epub 2020 Aug 18. PMID: 32809248.
8. Hizay A, Sindel M. Metoptic Canal and Warwick's Foramen: Incidence and Morphometric Analysis by Several Reference Points in the Human Orbit. Eurasian J Med. 2019 Feb;51(1):1-4. Published online 2018 Nov 30. doi:10.5152/eurasianjmed.2018.17353.
9. Korchynska NS, Slobodian OM, Kostyuk VO. Fetal anatomy of the maxillary cellular process. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. 2019;18(1):62-6. DOI: 10.24061/1727-0847.18.1.2019.10.
10. Martins-Júnior PA, Rodrigues CP, De Maria ML, Nogueira LM, Silva JH, Silva MR. Analysis of Anatomical Characteristics and Morphometric Aspects of Infraorbital and Accessory Infraorbital Foramina. J Craniofac Surg. 2017 Mar;28(2):528-533. doi: 10.1097/SCS.0000000000003235. PMID: 27977492.
11. Singh D, Kaura S, Kaur S, Singh S, Sing R, Kaur J. Mental foramen and inferior alveolar canal – a beacon for sex determination by digital radiograph in north indian population of punjab region Journal of Evolution of Medical and Dental Sciences. 2019;8(20):1618. <https://doi.org/10.14260/jemds/2019/358>.
12. Smit S, Hutchinson EF, Kramer B. A morphometric analysis of the immature human infraorbital canal. Surg Radiol Anat. 2021 Feb;43(2):201-210. doi: 10.1007/s00276-020-02563-y. Epub 2020 Sep 12. PMID: 32918571.

PERINATAL PECULIARITIES IN WOMEN WITH BENIGN OVARIAN TUMORS

Hulii D. Ya., postgraduate student at the Subdepartment of Obstetrics and Gynecology of the Department of Postgraduate Studies of Ivano-Frankivsk National Medical University, Ukraine, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2520-9348>

Boichuk O. H., MD, professor at the Subdepartment of Obstetrics and Gynecology of Ivano-Frankivsk National Medical University, Ukraine, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4439-3099>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7658

ARTICLE INFO

Received: 16 June 2021

Accepted: 13 August 2021

Published: 30 August 2021

KEYWORDS

pregnancy, ovarian cysts, ultrasonography, obstetrical complications.

ABSTRACT

Ovarian tumors may be found in women of any age and the period of pregnancy is no exception. Besides, this period is related to some specific adnexal tumors. A systematic use of ultrasonography in the first trimester of pregnancy has led to a wider detection of symptomless adnexal tumors.

The majority of adnexal tumors diagnosed during pregnancy are accidental findings of routine examinations of pregnancy.

According to various estimations, the incidence of adnexal neoplasms during pregnancy makes up from 0.19 to 8.8 %. Most of cases are diagnosed in the first trimester and their incidence gradually decreases as the period of pregnancy grows: Trimester 1 – from 21.4 to 75.7 %; Trimester 2 – from 10.9 to 44.4 %; Trimester 3 – from 4 to 22.2 %; after labor – from 0 to 7.1 %.

Most of adnexal tumors during pregnancy are benign and physiological and often regress spontaneously.

Depending on their size and location, ovarian tumors may be related to an adverse obstetrical result caused by mechanical influence. They increase the risk of abortion (from 0 to 6 %), preterm labor (from 5.8 to 10.4 %) and mechanical impediment to labor.

In view of the above mentioned considerations, one of the objectives of our research is to make a retrospective analysis of perinatal peculiarities in women with benign ovarian neoplasms.

Citation: Hulii D. Ya., Boichuk O. H. (2021) Perinatal Peculiarities in Women with Benign Ovarian Tumors. *World Science*. 8(69). doi: [10.31435/rsglobal_ws/30082021/7658](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7658)

Copyright: © 2021 **Hulii D. Ya., Boichuk O. H.** This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Introduction. According to various estimations, the incidence of adnexal neoplasms during pregnancy makes up from 0.19 to 8.8 %. Most of cases are diagnosed in the first trimester and their incidence gradually decreases as the period of pregnancy grows: Trimester 1 – from 21.4 to 75.7 %; Trimester 2 – from 10.9 to 44.4 %; Trimester 3 – from 4 to 22.2 %; after labor – from 0 to 7.1 % [3, 5].

Ovarian tumors during pregnancy usually present no symptoms and are diagnosed as ultrasonographic or surgical findings. At cesarean sections, adnexal tumors are found in approximately 0.3 % of cases [8]. Only a small part of women present symptoms, mostly pain, from 8 to 69 % according to various sources [1, 2]. In approximately 31 to 72 % of cases, there is a spontaneous regression. The most important predictors of persistence are visual morphological competence and a size of over 5 cm. Tumors that persist throughout pregnancy are usually pushed upwards from the small pelvis cavity as the size of the uterus increases. Sometimes they may compress adjacent organs, in particular the urinary tract and the lower part of the digestive tract, with subsequent symptoms in these organs. A tumor may also present a mechanical obstacle for labor by impeding fetal descent [4, 6].

Most ovarian tumors during pregnancy are benign and mainly represented by functional cysts (follicular cysts, corpus luteum cysts and lutein cysts), teratomas and cystadenomas. Various sources provide different data on the structure though [7, 9].

Research materials and methods.

One of the objectives of our research is to make a retrospective analysis of perinatal peculiarities in women with benign ovarian neoplasms.

The basic group comprises 88 case records of labor in women with benign tumors and tumor-like growths in the period of 5 years (from 2015 to 2020), the reference group includes 55 case records of labor in women without any ovarian neoplasms. The records were selected at the Regional Perinatal Center (Ivano-Frankivsk).

Research results.

The selected case records present the following distinction of patients depending on the time of detection of tumors (Fig. 1): before pregnancy: 8 patients (9.1 %), first trimester of pregnancy: 48 patients (54.5 %), second trimester: 31 patients (35.2 %), third trimester: only 1 woman (1.1 %).

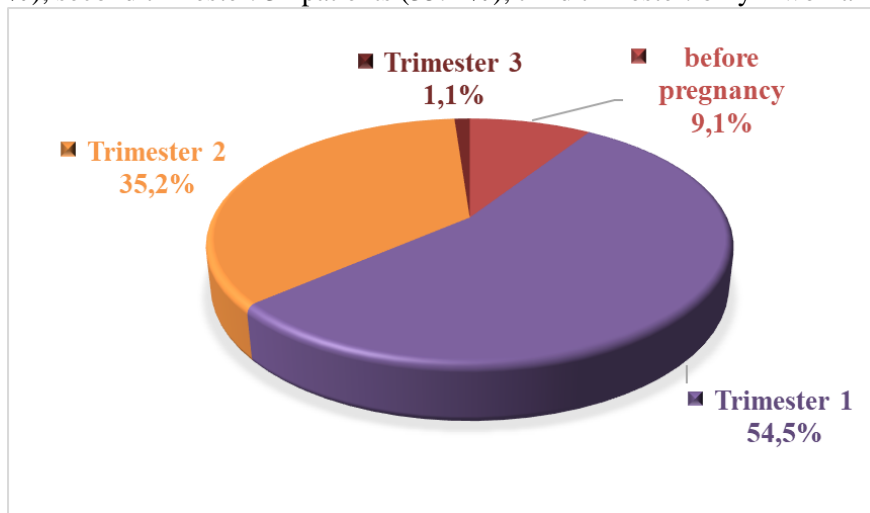


Fig. 1. Distinction of patients with ovarian neoplasms depending on the time of detection of tumors

25 patients (28.4 %) underwent a surgery for ovarian neoplasms, including ovarian resection in 8 women (9.1 %) and cystectomy in 18 women (20.5 %). 16 women (18.2 %) underwent a surgery during pregnancy, with the use of laparoscopy in 10 women (62.5 %) and laparotomy in 6 women (37.5 %); 9 women (10.2 %) underwent a cesarean section.

More than half of the women operated during pregnancy (56.3 %) underwent a surgery in the period from 17 to 24 weeks of pregnancy (Fig. 2), 37.5 % of women were operated earlier (from 6 to 16 weeks) and 1 woman (6.35 %) was operated in the 26th week of pregnancy.

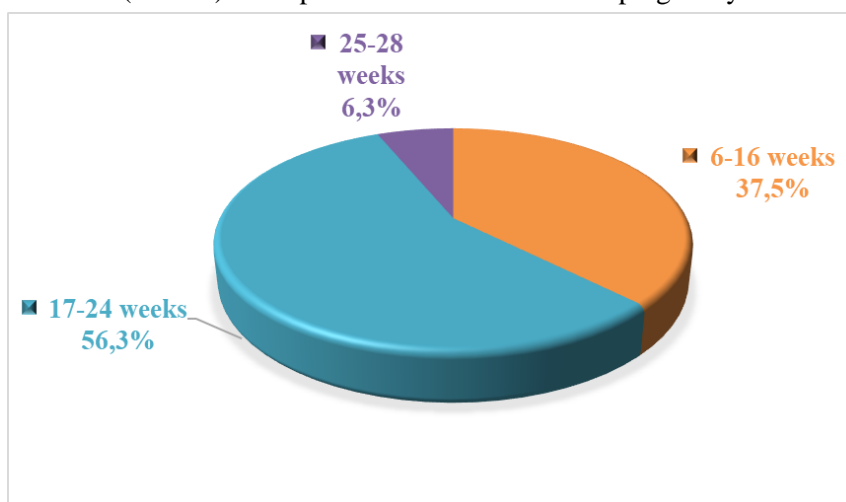


Fig. 2. Distinction of patients operated for ovarian neoplasms during pregnancy depending on the time of surgery

The analysis of age distinction of patients has found no significant difference in comparison with the reference group (Table 1): about a half of women were aged between 20 and 30 (44.3 % and 50.9 % in the basic and the reference group respectively, $p>0.05$), a little lower percentage of women were from 31 to 40 years old, about 10 % younger than 20 and only 3 women from the basic group and 1 woman from the reference group were older than 40 (3.4 % and 1.8 % respectively, $p>0.05$).

We have found no difference either in the distinction of the women from the researched groups by their social position (Table 2): the biggest number of women were employees (40.9 % and 36.4 % in the basic and the reference group respectively, $p>0.05$), about a third of women were unemployed, 20 % of women in the basic group and 25 % of women from the reference group were workers, 5.7 % and 1.8 % respectively were students ($p>0.05$).

Table 1. Age distinction of patients

Age, years	Basic group, n= 88		Reference group, n= 55	
	Abs. number	%	Abs. number	%
below 20	9	10.2	4	7.3
20-30	39	44.3	28	50.9
31-40	38	43.2	22	40.0
41 and more	3	3.4	1	1.8

Note. * - statistically significant difference with regard to the figure from the reference group ($p<0.05$)

It should be noted that 18.2 % of women from the basic group were not married, which is 3 times higher than the respective percentage in the reference group (5.5 %, $p<0.05$) and may be indicative of a certain adverse psychological effect on women.

Table 2. Social position of patients from the researched groups

Parameter	Basic group, n= 88		Reference group, n= 55	
	Abs. number	%	Abs. number	%
Social position:				
• workers	18	20.5	14	25.5
• employees	36	40.9	20	36.4
• students	5	5.7	1	1.8
• unemployed	27	30.7	19	34.5
unmarried	16	18.2*	3	5.5

Note. * - statistically significant difference with regard to the figure from the reference group ($p<0.05$)

The presence of a concomitant extragenital pathology may be one of the factors of development of the ovarian pathology itself and perinatal complications of pregnancy. According to our retrospective analysis, women with benign ovarian neoplasms present a significantly increased level of somatic morbidity. The most frequent concomitant pathologies are those of the digestive tract and the hepatobiliary system, which were found in the case records of over a third of the patients from the basic group (37.5 % vs. 10.9 % in the reference group, $p<0.05$). The incidence of autonomic dysfunction is four times higher than the respective incidence in the reference group (28.4 % and 7.3 % respectively, $p<0.05$).

Table 3. Extragenital pathology in patients from the researched groups

Pathology	Basic group, n= 88		Reference group, n= 55	
	Abs. number	%	Abs. number	%
Cardiovascular pathology	12	13.6*	3	5.5
Autonomic dysfunction	25	28.4*	4	7.3
Thyroid gland pathology	13	14.8*	2	3.6
Metabolic syndrome	11	12.5	3	5.5
Urinary system pathology	7	8.0*	1	1.8
Pathology of digestive tract and hepatobiliary pathology	33	37.5*	6	10.9
Allergy	15	17.0	6	10.9

Note. * - statistically significant difference with regard to the figure from the reference group ($p<0.05$)

A statistically significant difference between the researched groups was also found in the incidence of cardiovascular pathology (13.6 % vs. 5.5 %, $p<0.05$), thyroid gland pathology (14.8 % vs. 3.6 %, $p<0.05$) and urinary system pathology (8.0 % vs. 1.8 % respectively, $p<0.05$). The incidence of the metabolic syndrome in the basic group is twice as high as in the reference group, yet this difference is not statistically significant (12.5 % vs. 5.5 %, $p>0.05$).

According to the information contained in the medical records, women from the basic group present a significantly positive history of infectious diseases (Table 4), except for childhood infections: almost half of women from the basic group (44.3 %) and about a third from the reference group (30.9 %, $p>0.05$). Patients from the basic group suffered two times more frequently from flu and acute respiratory viral infections (29.5 % vs. 14.5 % respectively, $p<0.05$). What should be noted is the particularly high incidence of urinary system infections (42.5 % vs. 9.1 % in the reference group, $p<0.05$).

Table 4. History of infections of patients from the researched groups

Infectious diseases	Basic group, n= 88		Reference group, n= 55	
	Abs. number	%	Abs. number	%
Childhood infections	39	44.3	17	30.9
Frequent flu and acute respiratory viral infections	26	29.5*	8	14.5
Acute and chronic respiratory diseases	16	18.2	6	10.9
Infections of the urinary system	37	42.0*	5	9.1

Note. * - statistically significant difference with regard to the figure from the reference group ($p<0.05$)

The analysis of the peculiarities of the menstrual function in women from the researched groups (Table 5) has revealed a higher incidence of early menarche in the patients from the basic group (11.3 % vs. 3.6 % in the reference group, $p<0.05$), and the majority of such patients did not have a regular menstrual cycle in the beginning, in contrast to the women from the reference group (62.5 % vs. 5.5 %, $p<0.05$). Half of patients from the basic group complained of various menstrual irregularities, which is 5 times more than in the reference group (51.5 % vs. 9.1 %, $p<0.05$).

Table 5. Peculiarities of the menstrual function in women from the researched groups

Parameter	Basic group, n= 88		Reference group, n= 55	
	Abs. number	%	Abs. number	%
Menarche:				
• early	10	11.4*	2	3.6
• late	11	12.5	4	7.3
Irregular menstrual cycle in the beginning	55	62.5*	3	5.5
Menstrual irregularities	45	51.1*	5	9.1

Note. * - statistically significant difference with regard to the figure from the reference group ($p < 0.05$)

Only a quarter of the women from the basic group present no gynecological pathology in their medical history (26.1 %), which can be said about the majority of women from the reference group (83.6 %, $p < 0.05$). As Table 6 shows, the most frequent pathologies are inflammatory diseases of the uterus and the uterine appendages (40.2 % vs. 10.9 % respectively, $p < 0.05$). Other frequent pathologies are those affecting the cervix uteri (20.5 % vs. 5.5 %, $p < 0.05$) and endometrium (8.0 % vs. 1.8 %, $p < 0.05$) and infertility (12.5 % vs. 1.8 %, $p < 0.05$). The polycystic ovary syndrome (PCOS) was found in only 9.1 % of patients from the basic group. 4 women from the basic group present uterine fibroids in their medical history. More women from the basic group than from the reference group underwent gynecological surgeries. For instance, a fifth of them presents adnexal surgeries (ovarian resection/removal, tubectomy) in their medical history: 20.5 % vs. 1.8 % ($p < 0.05$). 14.8 % of patients underwent cold coagulation of the cervix uteri (vs. 1.8 % in the reference group, $p < 0.05$). 1 women (1.1 %) from the basic group presents myomectomy in her medical history and another one – cold coagulation of foci of endometriosis.

Table 6. Gynecological pathology and surgeries in patients from the researched groups

Parameter	Basic group, n= 88		Reference group, n= 55	
	Abs. number	%	Abs. number	%
Inflammatory diseases of uterus and uterine appendages	37	42.0*	6	10.9
Diseases of cervix uteri	18	20.5*	3	5.5
Uterine fibroids	4	4.5	-	-
Endometrial pathology	7	8.0*	1	1.8
PCOS	8	9.1	-	-
Infertility	11	12.5*	1	1.8
Cold coagulation of cervix uteri	13	14.8*	1	1.8
Cold coagulation of foci of endometriosis	1	1.1	-	-
Myomectomy	1	1.1	-	-
Adnexal surgeries (ovarian resection/removal, tubectomy)	18	20.5*	1	1.8

Note. * - statistically significant difference with regard to the figure from the reference group ($p < 0.05$)

According to the data of obstetrical history (Table 7), there are significant differences between the two researched groups: the basic group presents a significantly lower percentage of first pregnancies (42.0 % vs. 58.2 %, $p < 0.05$) and first labors (53.4 % and 70.9 % respectively, $p < 0.05$). At

the same time, women from the basic group present a significantly higher percentage of pregnancy losses in their medical history: accidental abortions (14.8 % vs. 5.5 %, $p<0.05$), medical abortions (19.3 % vs. 3.6 %, $p<0.05$), habitual non-carrying of pregnancy (8.0 % and 1.8 % respectively, $p<0.05$). The percentage of preterm labor in the medical history is significantly higher too (15.9 % and 7.3 % respectively, $p<0.05$).

Table 7. Obstetrical history of patients from the researched groups

Parameter	Basic group, n= 88		Reference group, n= 55	
	Abs. number	%	Abs. number	%
First pregnancy	37	42.0*	32	58.2
First labor	47	53.4*	39	70.9
Accidental abortions	13	14.8*	3	5.5
Medical abortions	17	19.3*	2	3.6
Habitual non-carrying of pregnancy	7	8.0*	1	1.8
Cesarean section	11	12.5	3	5.5
Preterm labor	14	15.9	4	7.3

Note. * - statistically significant difference with regard to the figure from the reference group ($p<0.05$)

Pregnancy and labor in women with benign ovarian neoplasms are characterized by a high incidence of complications (Table 8). For instance, a quarter of the women from the basic group presented exacerbation of urogenital infections (25.0 % vs. 7.3 %, $p<0.05$). A third of cases (31.8 %) were characterized by a threat of miscarriage, and the percentage of a threat of preterm labor is still higher (37.5 % vs. 3.6 %, $p<0.05$). A third of cases from the basic group are characterized by placental dysfunction (31.8 % vs. 10.9 % in the reference group), which corresponds with a significantly higher percentage of intrauterine growth restriction (20.5 % vs. 3.6 % in the reference group, $p<0.05$) and fetal distress (20.5 % vs. 5.5 %, $p<0.05$). One has also found a significantly higher percentage of preterm labor (28.4 % vs. 5.5 % in the reference group, $p<0.05$) and abnormal labor (14.8 % vs. 1.8 %, $p<0.05$). A third of the women with benign ovarian tumors had to undergo a cesarean section to deliver their babies (31.8 % vs. 9.1 %, $p<0.05$).

Table 8. Course of pregnancy and labor in patients with benign ovarian neoplasms

Parameter	Basic group, n= 88		Reference group, n= 55	
	Abs. number	%	Abs. number	%
Early gestational toxicosis	16	18.2	6	10.9
Acute respiratory viral infections during pregnancy	5	5.7	2	3.6
Exacerbation of urogenital infections	22	25.0*	4	7.3
Threat of miscarriage	28	31.8*	4	7.3
Threat of preterm labor	33	37.5*	2	3.6
Anemia	13	14.8	4	7.3
Placental dysfunction	28	31.8*	6	10.9
Intrauterine growth restriction	18	20.5*	2	3.6
Preeclampsia	11	12.5*	1	1.8
Fetal distress	18	20.5*	3	5.5
Abnormal labor	13	14.8*	1	1.8
Preterm labor	25	28.4*	3	5.5
Cesarean section	28	31.8*	5	9.1

Note. * - statistically significant difference with regard to the figure from the reference group ($p<0.05$)

2 patients (2.3 %) from the basic group had a non-developing pregnancy and 1 woman (1.1 %) had a stillbirth. 85 women from the basic group and all 55 from the reference group had a live birth. According to the data from the medical records, almost a third of the babies from the basic group were born in a state of asphyxia (28.2 % vs. 5.5 % in the reference group, $p<0.05$), with 7.1 % of cases of severe asphyxia (Table 9). 28.2 % of cases were characterized by prematurity (vs. 5.5 %, $p<0.05$) and 17.6 % by hypotrophy (vs. 1.8 % ($p<0.05$)).

Table 9. Condition of the newborn babies of patients from the researched groups

Parameter	Basic group, n= 88		Reference group, n= 55	
	Abs. number	%	Abs. number	%
Asphyxia at birth	24	28.2*	3	5.5
- moderate	18	21.2*	3	5.5
- severe	6	7.1*	-	-
Prematurity	24	28.2*	3	5.5
Hypotrophy	15	17.6*	1	1.8
Complicated course of the early neonatal period	14	16.5*	2	3.6

Note. * - statistically significant difference with regard to the figure from the reference group ($p<0.05$)

Conclusions. Pregnancy and labor in women with benign ovarian neoplasms are characterized by a high incidence of complications. For instance, a quarter of the women presented exacerbation of urogenital infections (25.0 %), a third of cases (31.8 %) are characterized by a threat of miscarriage and the percentage of a threat of preterm labor is still higher (37.5 %). A third of cases are characterized by placental dysfunction (31.8 %), which corresponds with a significantly higher percentage of intrauterine growth restriction (20.5 %) and fetal distress (20.5 %). One has also found a significantly higher percentage of preterm labor (28.4 %) and abnormal labor (14.8 %). A third of the women with benign ovarian tumors had to undergo a cesarean section to deliver their babies (31.8 %).

REFERENCES

1. Sherard, G.B.3rd, Hodson, C.A., Williams, H.J., Semer, D.A., Hadi, H.A., & Tait, D.L. (2003). Adnexal masses and pregnancy: a 12-year experience. *Am. J. Obstet. Gynecol.*, 189, 358-362.
2. Schmeler, K.M., Mayo-Smith, W.W., Peipert, J.F., Weitzen, S., Manuel, M.D., & Gordinier, M.E. (2005). Adnexal masses in pregnancy: Surgery compared with observation. *Obstet. Gynecol.* 105, 1098-1103.
3. Condous, G., Khalid, A., Okaro, E., & Bourne, T. (2004). Should we be examining the ovaries in pregnancy? Prevalence and natural history of adnexal pathology detected at first-trimester sonography. *Ultrasound Obstet. Gynecol.*, 24 (1), 62-66.
4. Benaglia L., Bermejo A., Somigliana, E., Scarduelli, C., Ragni, G., Fedele, L., & Garcia-Velasco, J.A. (2012). Pregnancy outcome in women with endometriomas achieving pregnancy through IVF. *Hum. Reprod.*, 27 (6), 1663-1667.
5. Kryvokulskyi, B.D., Kryvokulskyi, D.B., & Zhulkevych, I.V. (2014). Dynamika zmin hemostatychnoho potentsialu na operatsiinomu etapi likuvannia patsientiv z pukhlynnymy zakhvoriuvanniamy zhinochoi statevoi systemy [Dynamics of changer of memostatic potential on the operational phase of the treatment of patients with malignant diseases of the female reproductive system]. *Shpytalna khirurhiia – Hospital Surgery*, 4, 92-96 [in Ukrainian].
6. Arena, S., Canonico, S., Luzzi, G., Epicoco, G., Brusco, G.F., & Affronti, G. (2009). Ovarian torsion in in vitro fertilization-induced twin pregnancy: combination of Doppler ultrasound and laparoscopy in diagnosis and treatment can quickly solve the case. *Fertil. Steril*, 92 (4), 1496.e9- 13. DOI:0.1016/j.fertnstert.2009.06.029.
7. Benaglia L., Somigliana E., Calzolari, L., Busnelli, A., Cardellicchio, L., Ragni, G., & Fedele, L. (2013). The vanishing endometrioma: the intriguing impact of pregnancy on small endometriotic ovarian cysts. *Gynecol. Endocrinol.*, 29 (9), 863-866.
8. Fruscella, E., Testa, A.C., Ferrandina, G., Manfredi, R., Zannoni, G.F., Ludovisi, M., Malaggesse, M., & Scambia, G. (2004). Sonographic features of decidualized ovarian endometriosis suspicious for malignancy. *Ultrasound Obstet. Gynecol.*, 24 (5), 578-580.
9. Guerriero, S., Ajossa, S., Piras, S., Parodo, G., & Melis, G. B. (2005). Serial ultrasonographic evaluation of a decidualized endometrioma in pregnancy. *Ultrasound Obstet. Gynecol.*, 26 (3), 304-306.

ОСОБЛИВОСТІ МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛУ ЖІНОК ФЕРТИЛЬНОГО ВІКУ, ЩО ЗАЗНАЛИ КОНТУЗІЇ ПІД ЧАС БОЙОВИХ ДІЙ

Камінський В'ячеслав Володимирович, д.мед.н., професор, завідувач кафедри акушерства, гінекології та репродуктології Українського державного інституту репродуктології Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика. м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5369-5817>

Анастасія Валеріївна Сербенюк, лікар акушер-гінеколог Клініки репродуктивних технологій Українського державного інституту репродуктології Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика. Адреса: м. Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7212-2678>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7659

ARTICLE INFO

Received: 17 June 2021
Accepted: 16 August 2021
Published: 30 August 2021

KEYWORDS

health, women veterans, menstrual cycle, autonomic dysfunction, post-concussion syndrome.

ABSTRACT

The article presents an analysis of literature data and the results of our own retrospective studies of the characteristics of the menstrual cycle in female combatants who have undergone concussion. Clinical and anamnestic factors have been identified that negatively affect the menstrual function of women of reproductive age, who received contusions during hostilities. The relationship between the state of mental health of women and menstrual irregularities has been established.

Aim: to identify and evaluate changes in the menstrual function of women - veterans of reproductive age. Also, to establish the relationship between menstrual irregularities in women - veterans of reproductive age who have undergone contusion, and the state of their somatic and mental health.

Materials and method: The research was conducted at the Department of Obstetrics, Gynecology and Reproductology of the National University of Health of Ukraine named after P.L. Shupika. To achieve this goal, a comprehensive clinical and laboratory examination was performed in 567 women of reproductive age (main group and comparison group) who participated in hostilities and suffered contusions, the average age of the subjects was 27.08 ± 4.23 years. The period of stay in the combat zone is 29.34 ± 9.21 months, the time from the moment of receiving a mild traumatic brain injury (contusion) is 18.8 ± 9.2 months. Group I - 399 fertile women who suffered contusions during the fighting with PKS. Group II - 168 women of childbearing age who suffered contusions during hostilities without PKS (mean age 32.21 ± 7.32 years).

Results: The results of the studies revealed statistically significant deviations in the characteristics of the menstrual cycle of women who participated in hostilities who were injured with PKS, compared with women without PKS. It has been proven that women-viskovoosluzhvits more often develop menstrual irregularities, namely a decrease or increase in the number, lengthening or shortening of the menstrual cycle by 7 days. Taking into account the revealed menstrual irregularities in the women under study, it can be argued that the detected changes are due to the influence of both craniocerebral trauma and stress factors associated with military service. This justifies the need to develop a program for monitoring and supporting the reproductive health of women-viyskovoservices, as well as medical and psychological rehabilitation of veterans, aimed at their full adaptation to a peaceful life.

Citation: Kaminskiy V. V., Serbenyuk A. V. (2021) The Peculiarities of the Menstrual Cycle at Female Military Personnel That Suffered Contusion in Hostilities. *World Science*. 8(69). doi: [10.31435/rsglobal_ws/30082021/7659](https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7659)

Copyright: © 2021 Kaminskiy V. V., Serbenyuk A. V. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

В статті оглянуто сучасні підходи до етіопатогенезу порушень менструального циклу у жінок, що зазнали контузії під час бойових дій. Проаналізовано взаємозв'язок між репродуктивним та ментальним здоров'ям жінок-учасниць бойових дій.

Відповідно до визначення ВООЗ (2016), репродуктивне здоров'я – це стан повного фізичного, психічного і соціального благополуччя, але не тільки. При його оцінці також враховують такі важливі показники як, здатність до зачаття і народження здорових дітей, благополуччя матері, можливість сексуальних відносин без ризику виникнення захворювань, що передаються статевим шляхом, безпека протягом вагітності, пологів. На теперішній час у декількох міжнародних угодах пріоритетом є репродуктивне здоров'я населення. З кожним днем все більшої уваги приділяють репродуктивному здоров'ю нації.

Найбільш помітним для жінок і як правило найпершим симптомом, що вказує про зміни репродуктивного здоров'я, є порушення менструальної функції. Це доволі розповсюджена патологія у жінок-учасниць бойових дій. Порушення менструального циклу (ПМЦ) клінічно проявляються у вигляді мізерних, рідкісних менструацій або ж навпаки надмірних і частих менструацій, також бувають варіанти коли менструація відсутня. Аномальні маткові кровотечі, як правило, обумовлені порушенням регуляції менструальної функції. При цьому, на перший план виступають не структурні, а функціональні порушення. Важливо, що ПМЦ характеризуються рецидивуючим перебігом та частим розвитком анемії.

Відомо, що регуляція менструальної функції відбувається за участю п'яти ланок за механізмом зворотного зв'язку (кора головного мозку; гіпоталамус; гіпофіз; яєчники; матка). Нормальна менструальна функція здійснюється внаслідок правильної синхронної взаємодії усіх ланок нейроендокринної регуляції. У жінок – учасниць бойових дій, що зазнали контузії надзвичайно часто виникають ПМЦ саме внаслідок порушення на якомусь з рівнів регуляції менструального циклу.

Мета: виявити та оцінити зміни менструальної функції жінок фертильного віку, що зазнали контузії під час бойових дій. Також встановити взаємозв'язок між порушеннями менструального циклу у жінок – ветеранок репродуктивного віку, що зазнали контузії та станом їх соматичного та ментального здоров'я.

Матеріали та методи. Дослідження проводили на кафедрі акушерства, гінекології та репродуктології Українського державного інституту репродуктології Національного університету охорони здоров'я України імені П.Л. Шупика. Для досягнення поставленої мети було проведено комплексне клінічне та лабораторне обстеження жінок учасниць бойових дій репродуктивного віку. В дослідження увійшли 567 жінок фертильного віку, які брали участь у бойових діях та зазнали контузії, середній вік обстежених $27,08 \pm 4,23$ роки. Термін перебування в зоні бойових дій $29,34 \pm 9,21$ місяці, час з моменту отримання легкого травматичного ушкодження мозку (контузії) $18,8 \pm 9,2$ місяці. І групу склали дані обстеження – 399 жінок фертильного віку, що зазнали контузії під час бойових дій з ПКС. ІІ група – 168 жінок фертильного віку, що зазнали контузії під час бойових дій без ПКС (середній вік $32,21 \pm 7,32$ роки).

При обстеженні жінок детально вивчено скарги, гінекологічний, акушерський, соматичний, та інфекційний анамнез. Також оцінювали стан зовнішніх і внутрішніх статевих органів при гінекологічному бімануальному дослідженні та огляді шийки матки у дзеркала. Використовували бактеріологічні методи обстеження з метою діагностики бактеріального вагінозу. Проводили мікроскопічне і бактеріологічне дослідження виділень з піхви, цервікального каналу і уретри. За допомогою індикаторної смужки вимірювали значення рН виділень. При мікроскопії піхвових мазків, визначали наявність або відсутність запальної реакції. Визначали якісний і кількісний склад мікрофлори за допомогою бактеріологічного дослідження. Стан біоценозу піхви оцінювали за вмістом лактобацил, наявністю патогенних і умовно мікроорганізмів з кількісним їх визначенням. Обстеження на урогенітальні інфекції (хламідіоз, мікоплазмоз, трихомоніаз, уреоплазмоз, гонорея) проводили з використанням методу полімеразної ланцюгової реакції.

Соноскопію та доплерографію проводили за стандартною методикою із застосуванням трансабдомінального і трансвагінального конвексних датчиків частотою 3,5 та 5 МГц за допомогою ультразвукових апаратів, забезпечених приладами з доплеровським блоком пульсуючої хвилі і функцією кольорового доплерівського каптажа та можливістю подальшої комп'ютерної обробки доплерограм.

Симптоматику наслідків контузії на момент обстеження визначали за опитувальником Цицерона [5]. При цьому пацієнтками виконувалась самооцінка власних симптомів з огляду на сьогодення. Для скринінгу по ПТСР було використано опитувальний PCL-м (версія для

військових) [6]. Дослідження стану вегетативної регуляції проведено шляхом заповнення опитувальника суб'єктивної оцінки дистонії (за опитувальником А.М. Вейна, 1998) [7].

Характеристику менструального циклу проводили згідно системи визначення параметрів нормальної менструальної кровотечі (FIGO, 2018). Оцінювали інтервал між менструаціями (норма ≥ 24 – ≤ 38 днів), тривалість менструальної кровотечі (норма ≤ 8 днів), регулярність (варіабельність менструального циклу ≤ 7 – 9 днів) та відсутність міжменструальних кровотеч.

Статистичну обробку результатів досліджень проводили з використанням пакету програм Statistica 6.0 та програмного пакету «Microsoft Office» за стандартними методиками описової статистики (Мінцер О. П., 2016).

Результати та обговорення: Менструальна функція досліджувалася у 399 жінок фертильного віку, що зазнали контузії під час бойових дій с ПКС (І група). Результати дослідження порівнювалися з аналогічними показниками у 168 жінок фертильного віку, що зазнали контузії під час бойових дій без ПКС (ІІ група). Вік менархе статистично значимо відрізнявся між групами ($\chi^2=42,1$, $p<0,001$). В І групі менархе у 8-9 років спостерігалось у 2-х випадках, у ІІ групі – були відсутні. У жінок-учасниць бойових дій, що зазнали контузії менархе розпочиналося у 10-11 років значно частіше ($p=0,002$; $p=0,001$), а у 14 років – рідше, чим у групі порівняння ($p<0,001$).

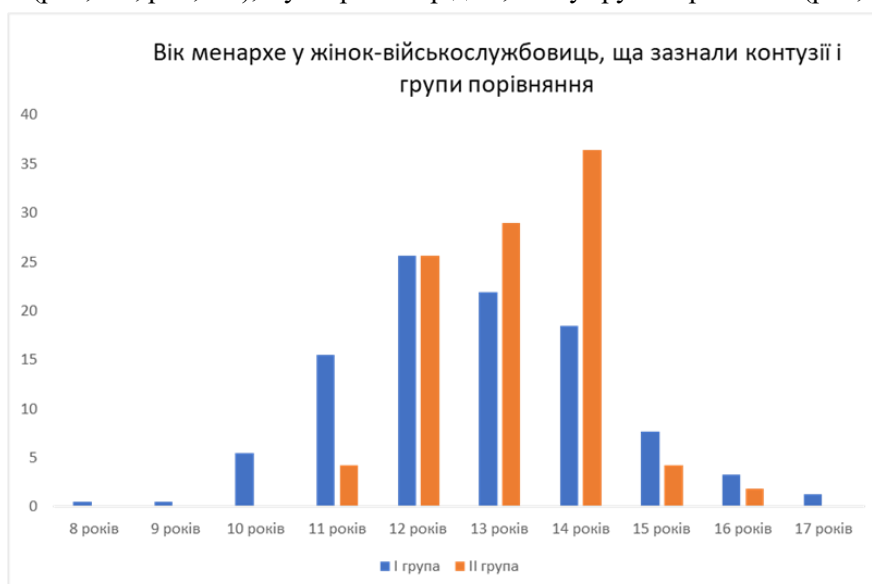


Рис. 1.

У І групі менархе відмічалось достовірно частіше, ніж у ІІ групі – у 12,8-1,5 років і 13,3±1,3 років відповідно ($p<0,001$). У жінок І групи виявлено більш тривале встановлення менструального циклу 5,5±4,8 років, у ІІ групі 3,0±1,8 років ($p<0,001$). Тривалість менструального циклу, у середньому, не відрізнялася між групами - 28,7±3,3 і 28,3±2,0днів ($p=0,040$).

Таблиця 1. Характеристика менструальної функції у досліджуваних жінок

Показник	І група (n=399)	ІІ група (n=168)	P
Менархе	12,8±1,5	13,3±1,3	<0,001
Термін встановлення регулярного менструального циклу	5,5±4,8	3,0±1,8	<0,001
Тривалість менструації, днів	4,8 ±1,7	3,9 ±1,2	<0,001
Тривалість менструального циклу, днів	28,7±3,3	28,3±2,0	<0,140
Порушення менструального циклу, абс (%)	4,4±1,8	8,9±4,6	<0,001

Виявлено, що у пацієток I групи значно частіше, чим у II групі спостерігався менструальний цикл тривалістю менше 21 дня – у 15 (6,7%) і 4 (2,4%) ($p=0,040$), а також тривалість менструального циклу по 29-32 дня – у 100 (44,2%) і 53(31,5%) ($p=0,007$) і більше 32 днів - у 15 (6,7%) і 1 (0,6%) ($p=0,003$).

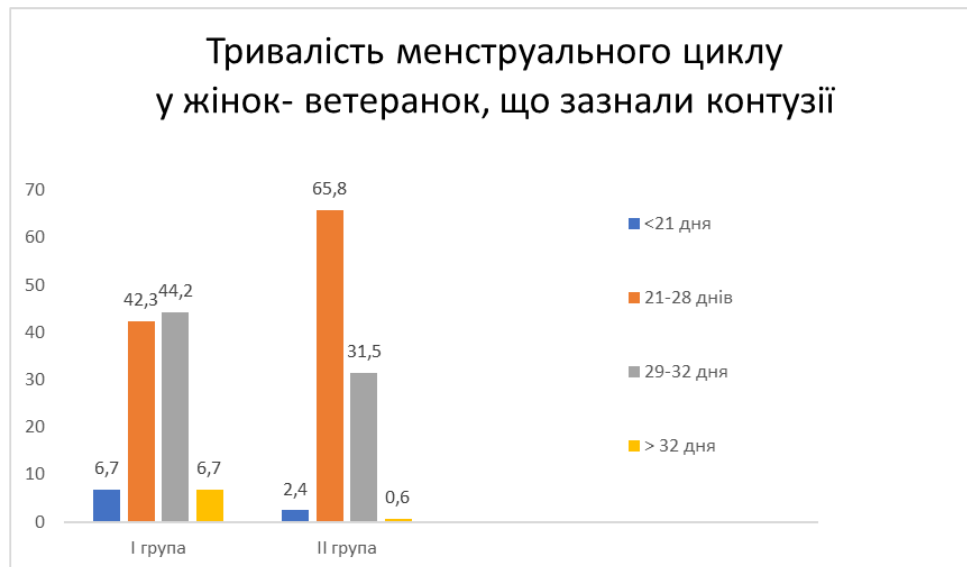


Рис. 2.

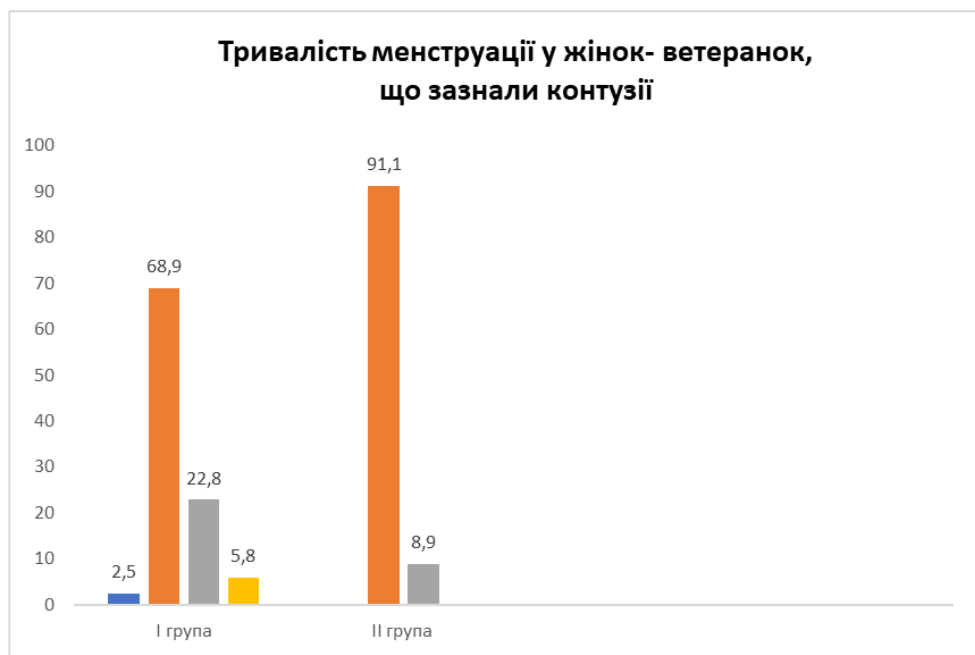


Рис. 3.

У I групі менструації були більш тривалими, в середньому, $4,8 \pm 1,7$ днів (у II групі - $3,9 \pm 1,2$ днів, $p < 0,001$). У I групі олігоменорея (тривалість менструації по 1-2 дня) спостерігалася у 10 (2,5%) жінок, поліменорея (більше 7 днів) – у 23 (5,8%) і була відсутньою у II групі ($p=0,039$, $p=0,002$). У I групі статистично значимо частіше спостерігалися тривалі менструації (по 6-7 днів) - у 91 (22,8%), у II групі - у 15 (8,9%) ($p < 0,001$) і значно рідше менструації тривалістю 3-5 днів у 275 (68,9) і 153 < 91,1% ($p < 0,001$). Порушення менструального циклу зареєстровані у 289 (72,4 %) жінок I групи і 46 (27,3%) обстежених II групи ($p < 0,001$). У жінок-учасниць бойових дій порушення менструального циклу розвивалися, через 2-3 місяці перебування на службі, або після отриманої травми. Порушення менструального циклу мають різноманітний характер це може бути недостатність лютеїнової фази, ациклічні маткові кровотечі, гіперполіменорея, гіпоменструальний синдром, вторинна аменорея.

Таблиця 2. Характеристика порушень менструальної функції

Характер порушень	І група (n=399)		ІІ група (n=168)		P
	абс.	%	абс.	%	
Порушення ритму менструації	113	28,3	8	4,8%	<0,001
Гіперполіменорея	88	22,1	14	8,3	<0,001
Вторинна аменорея	41	10,3	2	1,2	<0,001
Альгоменорея	28	7,0	32	19,0	<0,001
Ациклічні маткові кровотечі	27	6,7	0	0	<0,001
Гіпоменструальний синдром	16	4,0	0	0	<0,009

Найбільш часто реєструвалися порушення ритму менструацій – у 28,3% жінок (у ІІ групі - 4,8%, $p < 0,001$). Значно частіше у жінок І групи розвивалася гіперполіменорея – 22,1% (ІІ група - 8,3%, $p < 0,001$); а також ациклічні маткові кровотечі – у 6,7% і гіпоменструальний синдром – 4,0%, у жінок ІІ групи - були відсутні, ($p < 0,001$; $p = 0,009$). Таким чином, менструальна функція у жінок-ветеранок, що зазнали контузії характеризувалася, більшою тривалістю менструації та більш тривалим менструальним циклом, значною частотою порушень менструальної функції (72,4%). Серед порушень менструального циклу переважали порушення ритму менструацій, значно частіше ніж у групі порівняння, зустрічалися вторинна аменорея, гіпоменструальний синдром, ациклічні маткові кровотечі.

Висновки. Зміни менструального циклу, які проявляються: порушенням ритму менструації, гіперполіменореєю, ациклічними матковими кровотечами, гіпоменструальним синдромом, обумовлені впливом, як самої черепно-мозкової травми так і стрес-факторами, пов'язаними з військовою службою у жінок-військовослужбовців, учасниць бойових дій, що зазнали контузії. Результати проведених досліджень свідчать про необхідність розробки програми медичного та психологічного супроводу жінок - військовослужбовців та відповідної медико-психологічної реабілітації ветеранок спрямованої на повноцінну адаптацію до мирного життя та збереження репродуктивного здоров'я.

ЛІТЕРАТУРА

- Mallinson, R.J., De Souza, M.J. "Current perspectives on the etiology and manifestation of the «silent» component of the Female Athlete Triad." *Int J Womens Health* 6 (2014): 451–67. DOI: 10.2147/IJWH.S38603
- Druz O. B., Syropiatov O. H., Badiuk M. L. [ta in.]. (2015). *Udoskonalennia likuvannia ta reabilitatsii viiskovo sluzhbov tsiv Zbroinykh Syl Ukrainy iz boiovoiu psykhičnoiu travmoiu : metodychni rekomendatsii*, Kyiv.: «MP Lesia», 52.
- Maybin, J.A., Critchley, H.O. "Menstrual physiology: implications for endometrial pathology and beyond." *Hum Reprod Update* 21.6 (2015): 748–61.
- Kyrychenko I. *Zdorovia zhinky ta viyna: problema zahystu ta vidnovlennia*. Ukraina Moloda, No144, 24.12.2019
- Hill N.C.W., Oppenheimer L.W., Morton K.E. The aetiology of vaginal bleeding in children: A 20- year review. *Br.J. Obstet. Gynaecol.* – 1989. – Vol. 96. – P. 467–470. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0528.1989.tb02424.x>PTSD: National Center for PTSD: <https://www.ptsd.va.gov>
- Stebliuk Vsevolod, Pronoza-Stebliuk Kate. Post-concussion Syndrome in Ukrainian Veterans: Physical and Mental Manifestations. *Journal of Education, Health and Sport*. 2018;8(2):349-354
- Vein A. M. (2000). *Vehetatyvnye rasstroistva: Klynyka, lechenye, dyahnostyka*. Moskov. Medytsynskoe ynformatsyonnoe ahentstvo, 752
- Національний консенсус щодо ведення пацієнок з аномальними матковими кровотечами Асоціації гінекологів-ендокринологів України. *Репродуктивна ендокринологія*. 2015. 1(21): 8–12.
- Кочюнас Римантас. *Основы психологического консультирования*. – Москва: Академический проект, 1999. – 240 с. – (Библиотека психологии, психоанализа, психотерапии). – ISBN 5-8291-0002-9.
- Меерсон Ф.З. *Адаптация, стресс и профилактика* / Ф.З. Меерсон. – М., 2001. – С. 115–126.

11. Бацилева О.В. Психологія репродуктивного здоров'я: медикопсихологічні та соціальні аспекти [монографія] / О.В. Бацилева. – Донецьк: Донбас, 2011. – С. 34–35. – 236 с.
12. Одинцова М.А. Механизмы психологической защиты подростков с установкой «жертва» // Вестник практической психологии образования. – 2008. – №3. – С.67–70.
13. Подольский Вл. В. Психоемоційний стан жінок фертильного віку з порушеннями вегетативного гомеостазу що перенесли артіфіційний аборт // Репродуктивна ендокринологія. – Березень 2016. – № 1 (27). – С. 84–87. 3. Подольский Вл. В. Психосоматическая характеристика состояния здоровья женщин фертильного возраста с бесплодием, сопровождающимся нарушениями вегетативного гомеостаза // Репродуктивное здоровье. Восточная Европа, – 2016. – Т. 6, № 2. – С. 178–185.
14. Вейн А.М. Вегетативные расстройства: клиника, диагностика, лечение/ А.М. Вейн. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2003.
15. Фрейд Зигмунд. The neuropsychoses of defence // The standard edition of the complete psychological works of Sigmund Freud – Die Abwehr- Neuropsychosen (1894). – Лондон: Hogarth press and the Institute of Psychoanalysis, 1962. – Т. III.
16. Гінекологія дитячого і підліткового віку / підручник за редакцією проф. І.Б. Вовк, проф. О.М. Юзька, проф. В.П. Вдовиченка. Київ: ВСВ Медицина, 2011. 424 с.
17. Кровотечі в практиці акушера-гінеколога / за редакцією проф. О.В. Голяновського. Київ. 2013.

К ВОПРОСУ ПРЕВЕНЦИИ И РАННЕЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ХАРАКТЕРА И ПРИЧИН ПОСЛЕОПЕРАЦИОННЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ ПО ПОВОДУ РАЗЛИЧНЫХ КЛИНИКО-АНАТОМИЧЕСКИХ ФОРМ ТЯЖЕЛОЙ ЧЕРЕПНО-МОЗГОВОЙ ТРАВМЫ

Месхия Наполеон Шалвович, проф., Нейрохирургический центр Западной Грузии, А.О. Ингурский медкомплекс, Грузия

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/30082021/7660

ARTICLE INFO

Received: 27 June 2021

Accepted: 18 August 2021

Published: 30 August 2021

KEYWORDS

Traumatic brain injury, Postoperative complications, Diagnosis and re-intervention, Prevention and identification of complications, Hemorrhage, Hematoma and cerebral edema.

ABSTRACT

The analysis of the causes of postoperative complications was carried out, as well as of the failures and errors or the same omissions in postoperative management. The total number of cases was 177 (5%) among more than 3500 patients, being operated on various clinical and anatomical forms of craniocerebral trauma.

In 63.8% (in 113 patients), worsening of condition was associated with the postoperative hemorrhage, which in 54% of cases was shell- recurrent. In 36.6% of observations (in 64 patients), deteriorated states of the brain swelling or edema were associated with an increase of cerebral edema.

The main causes of the postoperative volume hemorrhages were the inadequacy of homeostasis and fluctuations in blood pressure during the first hours and days after surgery, with a tendency of significant increase of that latter. Diagnostic errors were the result of underestimation or incorrect evaluation of neurological symptoms and clinical signs of repeated volumetric hemorrhages.

Late diagnosis of postoperative complications resulted in a lethal outcome in 79 (44.6%) cases among 177 patients with the complications in the postoperative process. Neurological and clinical signs and their combinations characteristic for postoperative volumetric hemorrhages are given in the article, as well as are offered the ways of their prevention.

Citation: Napoleon Meskhia. (2021) On the Question of Prevention and Early Identification of the Character and Causes of Postoperative Complications During Interventions for Different Clinical-Anatomic Forms of Severe Clinical Injury. *World Science*. 8(69). doi: 10.31435/rsglobal_ws/30082021/7660

Copyright: © 2021 Napoleon Meskhia. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Введение. Послеоперационные осложнения при черепно-мозговой травме (ЧМТ) встречаются довольно часто [1-10]. К числу наиболее тяжелых, нередко драматически завершающихся послеоперационных осложнений относятся кровоизлияния, которые часто оказываются объемными и ведут к сдавлению и к дислокации мозга [2-7, 8, 9]. При повторных компрессиях и дислокациях реанимационные мероприятия, в том числе и повторные вмешательства, оказываются часто безуспешными и, по данным Jamieson и Yelland [9], до 39% случаев завершаются фатальным исходом. Этим и определяется актуальность исследования характера и причин послеоперационных осложнений при вмешательствах по поводу различных клиничко-анатомических форм тяжелой ЧМТ.

Особую актуальность проблема профилактики и ранней идентификации послеоперационных осложнений приобретает в неспециализированных лечебных учреждениях, куда

госпитализируются первично подавляющее большинство пострадавших и где, как известно, не всегда имеется возможность адекватной диагностики (КТ, МРТ) и активного нейрохирургического мониторинга за состоянием и развитием процесса в послеоперационном периоде.

Материалы и методы. В основу исследования положены результаты анализа характера и причин послеоперационных осложнений, а также упущений и ошибок в их раннем распознавании у 177 больных с осложненным послеоперационным течением и повторным вмешательством при различных клинико-анатомических формах ЧМТ.

Среди 177 наблюдений с осложненным послеоперационным течением мужчин было 112, женщин -57, детей – 8, в возрасте от 7 до 76 лет. Уровень сознания до операции по ШКГ: 7 пострадавших были в ясном сознании (15 баллов), 28 – в состоянии умеренного оглушения (13-14 баллов), 32 – в глубоком оглушении (11-12 баллов), 49 - в состоянии сопора (9-10 баллов), 34 – в состоянии умеренной комы (6-8 баллов) и 27 пострадавших были в состоянии глубокой комы (4-5 баллов). В компьютерном периоде выбор вмешательства осуществлялся с учетом уровня сознания, степени дислокации срединных структур и состояния ликворных систем. В 116 наблюдениях была осуществлена костно-пластическая трепанация и в 61 случае – одно-и двусторонняя декомпрессивная краниотомия с подкожным сохранением костного лоскута.

В докомпьютерном периоде в 68 наблюдениях, в раннем послеоперационном периоде, было отмечено ухудшение состояния больных и снижение уровня сознания на несколько баллов – в 23 же случаях до 9-10 и 6-8 баллов по ШКГ. В отсутствие средств адекватной диагностики имела место высокая смертность – в 37 случаях среди 68 пострадавших, против 42 случаев среди 109 аналогичных наблюдений компьютерного периода.

Клинический материал, с учётом биомеханизма и патоморфологических особенностей последствий ЧМТ по периодам, представлен отдельно: в первую группу вошли 68 случаев послеоперационных осложнений докомпьютерного периода, и вторую группу составили 109 случаев компьютерного периода (табл. 1)

Таблица 1. Послеоперационные осложнения по периодам и по биомеханизму нейротравмы

Клинические периоды	Число вмешательств и послеоперационных осложнений по периодам		Число вмешательств и осложнений при инерционных травмах		Число вмешательств И осложнений при импрессионных травмах	
	Число хирургических вмешательств	Число осложнений количественно и в %	Число вмешательств	Число осложнений количественно и в %	Число вмешательств	Число осложнений количественно и в %
Докомпьютерный период	1515	68	1035	56	480	12
Компьютерный период	1990	109	1536	89	372	17
Всего	3505	177 5%	2571	145 5,6%	852	29 3,4%

Анализ материала и обсуждение. При примерно равных числах вмешательств по периодам, значительное преобладание числа послеоперационных осложнений (почти вдвое) во второй группе (109 случаев) против первой (68 случаев) является, по-видимому, следствием отсутствия адекватных средств диагностики в докомпьютерном периоде. При этом результаты аутопсии выявили не одни случаи недиагностированных повторных объёмных кровоизлияний в первой группе – в группе докомпьютерного периода. Несоответствие частоты послеоперационных осложнений особенно заметно внутри инерционных травм – 56 наблюдения первой группы, против 89 случаев второй группы – группы компьютерного периода (табл. 1).

При импрессионных травмах такое несоответствие не наблюдалось: частота послеоперационных осложнений оставалась примерно на одном уровне – 12 наблюдений в докомпьютерном периоде, против 17 случаев компьютерного периода (табл. 1), что было

связано, по-видимому, с тем, что, в отличие от инерционных травм, характеризующихся многофокальностью и диффузным поражением мозга, при импрессионных травмах повреждения носили, как правило, локальный, более ограниченный характер и поэтому послеоперационные осложнения относительно легко идентифицировались и в отсутствие адекватных средств диагностики такими чёткими клинико-неврологическими признаками, как «светлый период» времени, речевые расстройства, острое нарушение или нарастающее угнетение сознания, брадикардия, анизокория с симптомами контралатеральной пирамидной недостаточности и т.д., которые почти всегда присутствовали в различных сочетаниях и были вполне достаточны для идентификации характера осложнений. В связи с этим, при импрессионных травмах последствия осложнений и повторных вмешательств были сравнительно благополучными и фатальные исходы – единичными. Среди них и случаи глубокой инвалидизации больных были также сравнительно редкими.

Послеоперационные осложнения преобладали среди инерционных травм – в 5,6% случаях, против 3,4% случаев импрессионных травм (табл. 1). При инерционных травмах, в связи с кавитационным биомеханизмом и многофокальностью повреждения мозга с частым первичным поражением срединно-стволовых структур, а также в связи с нередкими сопутствующими тяжелыми внечерепными повреждениями, общим тяжёлым состоянием и полиморфностью неврологических симптомов и клинических признаков, своевременное распознавание характера осложнений, в отсутствие средств адекватной диагностики, было весьма затруднённым, с чем и была связана высокая смертность от осложнений среди инерционных травм – в 37 (54,4%) случаях среди 68 послеоперационных осложнений докомпьютерного периода и в 42 (38,5%) случаях среди 109 послеоперационных осложнений компьютерного периода. В общем же среди 177 больных с осложнённым послеоперационным течением и повторным оперативным вмешательством, в 79 (44,6%) случаях был констатирован фатальный исход. Среди 98 выживших, при выписке у 17 были отмечены умеренные и у 21 – грубые психоорганические дефекты: в 2 случаях – апалический синдром и у 4 больных – вегетативное состояние. Это были больные, в основном, с инерционно-диффузными поражениями, многоочаговыми геморрагическими ушибами, находившиеся до операции в коматозном состоянии.

Наиболее частой причиной послеоперационных осложнений – в 63,8% случаях (у 113 больных) явились повторные кровоизлияния, которые в 47 (41,6%) случаях были сателитно-плоскостными (до 10 мм толщиной) и отдельно не составляли критическую массу, но на фоне остеопластической краниотомии и умеренного отека мозга, с которым они, как правило, сочетались, усугубляли состояние пострадавших, в связи с чем было осуществлено повторное вмешательство – удаление костного лоскута с подкожным его сохранением. В остальных 66 (58,4%) наблюдениях имели место объёмные кровоизлияния. В 64 (36,2%) наблюдениях ухудшение состояния больных было связано с углублением отека мозга. Среди них в 9 случаях имели место нераспознанные до операции геморрагические ушибы, расположенные на противоположной стороне. В 37 случаях отмечены сателитные субдуральные гидромы, но они не были напряженными и не вызывали масс-эффекта – растекались в обширном подпапневротическом пространстве. В отдельных случаях удалялись пункционно и разрешались, как правило, ко времени отсроченного снятия швов, поэтому не возникла необходимость повторного вмешательства.

Послеоперационные кровоизлияния в большинстве случаев – в 74 (65,5%) наблюдениях были оболочечными. Возникали они чаще после удаления соименных гематом. Повторные оболочечные объёмные кровоизлияния развивались вследствие кровотечения из сосудов твёрдой оболочки и диплоических вен костного лоскута. Среди 113 вторичных кровоизлияний, в 40 (35,4%) наблюдениях гематомы были рецидивными и локализовались в местах бывшего объёмного кровоизлияния.

Одной из существенных причин, ведущих к повторным объёмным кровоизлияниям, являлось несовершенство гемостаза, осуществленного при низких цифрах артериального давления и его нестабильность в течение первых часов и суток после вмешательства с тенденцией к значительному подъёму: среди больных с послеоперационным кровоизлиянием у 74 гемостаз оказался осуществленным при артериальном давлении 80/50 – 90/60 мм рт.ст. и в раннем послеоперационном периоде отмечен его подъём до нормальных и высоких цифр. Среди 64 больных с отеком мозга лишь у 6-ти был отмечен подъём артериального давления, и это имело место на вторые и последующие сутки после вмешательства – на этапе, когда

завершены или завершаются гемокоагуляционные процессы в ране. Низкие коагуляционные свойства крови сыграли определенную роль в развитии повторного кровоизлияния и в формировании гематом у 16 больных, двое из которых страдали гемофилией. Повторные объёмные кровоизлияния имели место чаще у больных с гипертонической болезнью либо склонных к артериальной гипертензии. Эти и другие неблагоприятные факторы и факторы риска приобретали особое значение при хирургических погрешностях и несовершенстве гемостаза, осуществленного в условиях артериальной гипотонии.

Сравнительный анализ наблюдений с применением костнопластической и декомпрессивной краниотомий свидетельствует, что послеоперационные объёмные кровоизлияния встречались чаще у больных с костно-пластической краниотомией. При декомпрессивной краниотомии чаще встречались сателлитные с отеком мозга плоскостные гематомы. Относительная редкость вторичных объёмных кровоизлияний при декомпрессивной краниотомии свидетельствовала ещё раз о их зависимости, наряду с нестабильностью артериального давления в раннем послеоперационном периоде, от мелкоточечного кровотечения из сосудов твёрдой оболочки и диплоэ костного лоскута, на устранение которых в процессе и в конце операции, как оказалось, не всегда уделялось должное внимание.

У больных с декомпрессивной краниотомией ухудшение состояния больных в ряде случаев было связано с «пробуждением» «дремлющих» источников геморрагии в очагах ушиба и разможжения мозга на стороне, противоположной вмешательству, что было связано, видимо, с нормализацией или повышением, по мере выхода больных из состояния травматического шока, артериального давления с восстановлением и усилением перфузии мозга. В 9 наблюдениях компьютерное исследование выявило смещение мозга в сторону декомпрессивной краниотомии. У 5 из них при первой операции, наряду с декомпрессивной краниотомией, была осуществлена и трепанация в типичных местах на противоположной стороне, но гематома не была выявлена. У 3 больных была удалена субдуральная гидрома. Параклинические исследования исключали, как будто, наличие объёмного кровоизлияния либо разможжения мозга на другой стороне, но, тем не менее, ухудшение состояния у всех 9 больных оказалось связанным с вторичной геморрагией и со смещением мозга в сторону декомпрессии, что свидетельствовало о дооперационном просмотре контралатерально расположенных факторов риска. В таких случаях к дислокации вёл нарастающий отек мозга в зоне ушиба и разможжения на стороне, противоположной вмешательству. Поэтому, в случае диффузного поражения мозга, в особенности при инерционных травмах, односторонняя декомпрессивная краниотомия бывает иногда не только малоэффективной, но ведёт к ухудшению состояния больных [11, 12, 13, 14].

Таким образом, выявление характера и причин послеоперационных осложнений в отсутствии адекватных средств диагностики часто сопряжено со значительными трудностями. Клиника повторных кровоизлияний маскируется полиморфной неврологической симптоматикой и выраженными общемозговыми явлениями, в особенности у пострадавших с диффузным (при инерционных травмах) поражением мозга. Ошибки в распознавании характера осложнений и просчеты в тактике ведения больных в послеоперационном периоде встречаются и среди больных, находящихся в дооперационном периоде в сознании или в состоянии оглушения. Однако сравнительный анализ с сопоставлением неврологических симптомов и клинических признаков до- и послеоперационного периодов, в большинстве случаев, позволял своевременно идентифицировать характер осложнений у таких больных.

О возможном развитии послеоперационных объёмных кровоизлияний и повторного сдавления мозга могут свидетельствовать:

1. «затрудненно-затяжной» выход и неполный выход из состояния наркозного сна и отсутствие сознания у больных, сознание которых до операции было сохранено или было нарушено лишь до степени оглушения;

2. речевое, двигательное и/или рече-двигательное беспокойство, и/или острая утрата сознания после «светлого» периода времени в раннем послеоперационном периоде;

3. повторная утрата сознания или постепенное его угнетение в течение нескольких часов после выхода в сознание больных, находившихся в дооперационном периоде в состоянии оглушения или в сопорозном состоянии;

4. выявление или нарастание симптомов компрессии мозга (речевых расстройств, анизокории, брадикардии, пирамидной недостаточности, кранио-базальной симптоматики, фокальных эпилептиформных и др.) в послеоперационном периоде;

5. выявление или нарастание дислокационных симптомов (диссоциированных глазодвигательных нарушений, двухсторонних патологических стопно-пирамидных знаков; диссоциации менингеальных симптомов, мышечного тонуса и сухожильно-периостальных рефлексов по оси тела, наличие гомолатеральной анизокории и ипсилатеральных признаков пирамидной недостаточности, фокальных эпилептиформных приступов, кардио-респираторных расстройств и др.) на фоне угнетенного сознания.

Такая «мозаичность» неврологических и клинических симптомов более характерна для диффузного повреждения мозга с первичным поражением срединно-стволовых структур, что чаще имеет место при инерционных травмах, но тем не менее не следует забывать и о их возможном дислокационном механизме и о вторичном повреждении этих структур, вызванном повторным объёмным кровоизлиянием;

6. неустойчивость артериального давления со значительным его подъемом в течение первых часов и суток после вмешательства, сравнительно с его уровнем в момент производства гемостаза, в сочетании с резким или постепенно нарастающим угнетением сознания и с углублением либо выявлением гнездовой и дислокационной неврологической симптоматики;

7. диссоциация между малотравматичным оперативным вмешательством (удаление гематом через трепанационные отверстия или методом ограниченной краниотомии), устраняющим сдавление мозга, и несущественными анатомическими повреждениями, выявленными при компьютерном исследовании и в процессе оперативного вмешательства, с одной стороны, и глубиной расстройства сознания, выраженностью очаговой и дислокационной симптоматики и витально-стволовых расстройств в раннем послеоперационном периоде – с другой и т.д.

Сочетание приведенных признаков либо выявление и/или углубление других неврологических симптомов и клинических признаков в раннем послеоперационном периоде, должны навести на мысль о возможном развитии послеоперационных объёмных кровоизлияний и побудить к проведению дополнительных исследований либо к производству ревизии операционной раны. Выжидательная тактика в сомнительных случаях, равно как и запоздалое проведение дополнительных исследований и проведение повторного вмешательства с промедлением, чреваты развитием грубых, необратимых явлений. Поздняя диагностика и отсроченная ревизия раны ведут, наряду с высокой летальностью (до 44.6%, по нашим данным), к развитию грубых психоорганических дефектов и к инвалидизации больных.

Заключение. Причиной ошибок в распознавании характера послеоперационных осложнений у больных, оперированных по поводу различных тяжелых клинко-анатомических форм ЧМТ, является часто неправильная оценка неврологических симптомов и клинических признаков повторных объёмных кровоизлияний, что ведет к задержке неотложной, часто жизненно важной операции – операции ревизии раны. Это чревато и опасностью неправильного выбора лечебной тактики - шаблонным и форсированным проведением дегидратационной терапии на фоне затяжных и часто безуспешных реанимационных мероприятий. Нередко встречающееся ундулирующее состояние сознания и некоторая положительная динамика в неврологическом статусе со сменой периодов загруженности и сонливости периодами проясненного сознания с наличием односложного речевого („да“ и „нет“) контакта с больными часто ошибочно расценивается как эффект дегидратационной терапии, и вопрос о дополнительных исследованиях ставится нередко с промедлением, когда дислокационные симптомы становятся грубыми, а витально-стволовые расстройства – выраженными и необратимыми. Бесконтрольное проведение реанимационных мероприятий, в особенности форсированной дегидратационной терапии у больных с осложненным послеоперационным течением до выяснения характера и причин осложнений является тактическим просчетом. Поэтому выбору лечебной тактики, в том числе и повторному оперативному вмешательству, должно предшествовать, по возможности, уточнение характера послеоперационных осложнений. Компьютерно-томографический метод, в особенности МРТ, с абсолютной достоверностью позволяет выявить наличие и характер осложнений, проследить за состоянием срединных структур и, при надобности, избрать объём и сторону повторного вмешательства.

В плане превенции послеоперационных объёмных кровоизлияний важное значение приобретают, наряду с нейрохирургическим мониторингом, динамичный контроль и управление артериальным давлением в течение первых часов и суток после вмешательства. Главная же роль должна быть отведена педантичной хирургической обработке операционной раны с тщательным

интраоперационным и конечным гемостазом при нормальных или повышенных у гипертоников цифрах артериального давления. Оперативное вмешательство при костно-пластической краниотомии желательнее завершать частичным отслаиванием мышечно-надкостничного слоя (нижней, мышечной его части) от костного лоскута, с тщательной обработкой внутренней его поверхности и подшиванием пластически наращенной твердой оболочки к надкостнице вдоль края трепанационного отверстия с подтягиванием её к костному лоскуту через наложенные в нем микроотверстия [15.16.], что может явиться надежным профилактическим мероприятием против послеоперационных объёмных кровоизлияний и компрессии мозга.

Выводы. При вмешательствах по поводу различных клиничко-анатомических форм тяжёлой черепно-мозговой травмы ранний послеоперационный период до 5% случаев характеризуется осложненным течением. Послеоперационные осложнения встречаются чаще при инерционных травмах.

В структуре хирургических осложнений преобладают (до 63.8% случаев) послеоперационные кровоизлияния, которые в пределах 58.4% и 41.6% случаев являются соответственно объёмными и сателитно-плоскостными.

1. Причиной послеоперационных объёмных кровоизлияний являются несовершенство гемостаза, осуществлённого при низких цифрах артериального давления, и его нестабильность в течение первых часов и суток после вмешательства с подъемом до нормальных и повышенных цифр.

2. Источником кровоизлияний служат мелкие ветви средней менингеальной артерии и диплоические сосуды пропила костей черепа и внутренней поверхности костного лоскута, чему не всегда уделяется должное внимание.

3. В неспециализированных стационарах, в отсутствие адекватных средств диагностики, приведенная в систему перечень клинических признаков и неврологических симптомов и их сочетания, могут помочь в идентификации характера и причин послеоперационных осложнений.

Выявление и/или углубление приведенных или других неврологических симптомов и клинических признаков, равно как и любая отрицательная динамика состояния больных, должны явиться показанием для дообследования пострадавших.

4. При отсутствии адекватных средств диагностики, во всех сомнительных случаях, ревизию раны следует решительно предпочесть выжидательной тактике и затяжным реанимационным мероприятиям с форсированной дегидратационной терапией.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев В.В. с соавт. – Повторные внутричерепные кровоизлияния, их профилактика и лечение. *Вопр. нейрохир. им Н.Н.Бурденко*, 1978, в. 3. С, 29.
2. Месхия Н.Ш. – Осложнения раннего послеоперационного периода при черепно-мозговой травме. *Вопр. нейрохир. им Н.Н.Бурденко*, 1984. В.3.с,23-27.
3. Палиенко А.С. – Повторные внутричерепные гематомы в остром периоде черепно-мозговой травмы. В кн.: Всесоюзный съезд нейрохирургов, 3-й. Тезисы докладов. М. 1982.с,72-73.
4. Troupp, H. Extradural hematoma during craniotomy / H. Troupp // *J. Neurosurgery*. 1974. – vol.40. – p.783 - 785
5. Post, K.D. Postoperative complications in intracranial neurosurgery / K.D. Post. – New-York., 1993. – P. 2-34.
6. Kadri Lillemäe, Johanna Annika Järviö, Marja Kaarina Silvasti-Lundell, Jussi Juha-Pekka Antinheimo, Juha Antero Hernesniemi, Tomi Tapio Niemi. (2017) Incidence of Postoperative Hematomas Requiring Surgical Treatment in Neurosurgery: A Retrospective Observational Study. *World Neurosurgery* 108, 491-497. Online publication date: 1-Dec-2017. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878875017315103?via%3Dihub>
7. Flint AC, Manley GT, Gean AD, Hemphill JC III, Rosenthal G: Post-operative expansion of hemorrhagic contusions after unilateral decompressive hemicraniectomy in severe traumatic brain injury. *J Neurotrauma* 25:503–512, 2008. Retrieved from <https://thejns.org/servlet/linkout?suffix=b23-0260007&dbid=16&doi=10.3171%2F2009.4.FOCUS0965&key=10.1089%2Fneu.2007.0442>; <https://thejns.org/servlet/linkout?suffix=b23-0260007&dbid=8&doi=10.3171%2F2009.4.FOCUS0965&key=18346002>
8. Yang XF, Wen L, Shen F, Li G, Lou R, Liu WG, et al.: Surgical complications secondary to decompressive craniectomy in patients with a head injury: a series of 108 consecutive cases. *Acta Neurochir (Wien)* 150:1241–1248, 2008. Retrieved from <https://thejns.org/servlet/linkout?suffix=b99-0260007&dbid=16&doi=10.3171%2F2009.4.FOCUS0965&key=10.1007%2Fs00701-008-0145-9>; <https://thejns.org/servlet/linkout?suffix=b99-0260007&dbid=8&doi=10.3171%2F2009.4.FOCUS0965&key=19005615>

9. Jamieson K. G., Yelland J. D. – *J. Neurosurg.*, 1972, v. 37, p. 528-532.
10. Sato, M. Postoperative epidural hematoma five case of epidural hematomas developed after supratentorial craniotomy on the contralateral side / M.Sato, K.Mori // *No Shinkei Geka.* – 1981. – Vol. 9. – P 1297 – 1302.
11. Su TM, Lee TH, Chen WF, Lee TC, Cheng CH: Contralateral acute epidural hematoma after decompressive surgery of acute subdural hematoma: clinical features and outcome. *J Trauma*65:1298–1302, 2008
12. Tsung-Ming Su, Chu-Mei Lan, Tsung-Han Lee, Shih-Wei Hsu, Cheng-Hsien Lu. (2016) Risk Factors for the Development of Contralateral Epidural Hematoma Following Decompressive Craniectomy in Patients with Calvarial Skull Fracture Contralateral to the Craniectomy Site. *World Neurosurgery* 89, 223-229. Online publication date: 1-May-2016. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878875016002321?via%3Dihub>
13. J. L. Flordelís Lasierra, C. García Fuentes, D. Toral Vázquez, M. Chico Fernández, S. Bermejo Aznárez, E. Alted López. (2013) Contralateral extraaxial hematomas after urgent neurosurgery of a mass lesion in patients with traumatic brain injury. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery* 39:3, 277-283. Online publication date: 1-Jun-2013. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00068-013-0268-4>
14. Hao-Kuang Wang, Kang Lu, Cheng-Loong Liang, Yu-Duan Tsai, Kuo-Wei Wang, Po-Chou Liliang. (2010) Contralateral subdural effusion related to decompressive craniectomy performed in patients with severe traumatic brain injury. *Injury.* Online publication date: 7-Jul-2010. Retrieved from [https://www.injuryjournal.com/article/S0020-1383\(10\)00343-8/fulltext](https://www.injuryjournal.com/article/S0020-1383(10)00343-8/fulltext)
15. Jillingworth R.D. – Craniotomy, в кн.: *Operative surgery*, 1979, 53-64.
16. Мирсадиков А.С. О профилактике послеоперационных над- и подболооченных внутричерепных осложнений. *Украинский нейрохирургический журнал*, 2001 №2, стр.154-155.25*

WORLD SCIENCE

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws

№ 8(69)
August 2021

MULTIDISCIPLINARY SCIENTIFIC EDITION

Indexed by:



Passed for printing 25.08.2021. Appearance 30.08.2021.

Typeface Times New Roman.

Circulation 300 copies.

RS Global Sp. z O.O., Warsaw, Poland, 2021

Numer KRS: 0000672864

REGON: 367026200

NIP: 5213776394

<https://rsglobal.pl/>