

## ПІДХІД ДО ВЕРИФІКАЦІЇ МОДЕЛІ ЦІЛЬОВОЇ АУДИТОРІЇ ПСИХОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

*Ефективне планування психологічних операцій не можливе без використання інформаційних технологій, таких як засоби моделювання, що забезпечують точність спланованих операцій та передбачення їх результатів. Сучасні технології полегшують сприйняття інформації завдяки візуалізації. Будь-яку інформацію, особливо ту, що стосується соціальних мереж, аналітикам легше обробляти, якщо вона подана в схематичному вигляді. Наприклад, цільова аудиторія психологічного впливу в соціальних мережах може бути описана графом. У статті вирішується актуальне завдання верифікації моделі цільової аудиторії психологічного впливу в соціальних мережах, яка ґрунтується на поєднанні критеріїв когнітивності топологічної структури. Для верифікації математичних розрахунків використано класичні методи верифікації математичних моделей. За основу критерію когнітивності прийнято візуалізацію даних. У статті наведено метод візуалізації графа, який задає математичну модель цільової аудиторії. Наочне подання графа не лише сприяє кращому засвоєнню, а й пришвидшує аналіз зібраної інформації стосовно цільової аудиторії за рахунок автоматизації. Дані, отримані в ході прогону моделі, порівнюються з реальними, тим самим підтверджується відповідність поведінки моделі дійсним явищам. Перевірка достовірності реалізації моделі за допомогою програмного забезпечення проводилася шляхом її трасування. Адекватність моделі ґрунтується на можливості аналізу цільової аудиторії користувачем за характеристиками окремих акторів, що дають можливість визначити їх роль та проаналізувати структуру цільової аудиторії загалом. В основі вибору характеристик цільової аудиторії лежить теорія аналізу соціальних мереж. Для оцінювання адекватності моделі обрано такі дві характеристики цільової аудиторії, як: центральність із посередництва та центральність за власним вектором. Результати розрахунків отримано за допомогою програмного додатка Gephi. Як вхідні дані для перевірки адекватності моделі використовувалися дані із соціальної мережі “ВКонтакте”.*

**Ключові слова:** верифікація; графова модель; візуалізація; цільова аудиторія; соціальні мережі.

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** У наш час через нестабільність політичної та економічної ситуації в державі досить поширене маніпулювання людьми за допомогою засобів психологічного впливу (ПсВ). Найефективнішим з них є соціальні інтернет-сервіси, які дають можливість застосовувати технології нейролінгвістичного програмування та поширювати дезінформацію. Найчастіше в Інтернеті об'єктами ПсВ стають конкретні групи людей. Для створення ефективних матеріалів ПсВ та вибору відповідних методів необхідне попереднє вивчення об'єкта впливу – цільової аудиторії (ЦА). Для цього необхідно побудувати адекватну модель ЦА в соціальних мережах (СМ).

Одним із актуальних завдань є вибір методів верифікації моделей, що описують соціальні процеси та структури.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** свідчить, що необхідною умовою для перевірки адекватності моделей є проведення їх верифікації, яка може базуватися на різних теоретичних засадах. Наприклад, у [2] використано принцип наявності ефекту спотворення в разі формалізації знань; у теорії моделювання [4–7] перевіряють відповідність результатів, отриманих на моделі, поведінці реального об'єкта; у [8] розкрито відповідності моделей експериментальним даним за обраним критерієм. Одним із перспективних напрямків верифікації графових моделей є підходи, що використовуються для визначення достовірності когнітивних карт. Так, у [3] розкрито критерії когнітивної зрозумілості математичних моделей. Для верифікації графових моделей найчастіше користуються підходом візуалізації даних. У згаданій літературі не наведено підходів до верифікації моделей, що відображають структуру соціальних груп за вхідними даними, для яких є характеристики особистостей.

**Формулювання завдання дослідження.** Метою статті є верифікації моделі ЦА в СМ шляхом візуалізації даних та перевірки їх відповідності реальній ЦА. У [9] запропоновано подати ЦА у вигляді неорієнтованого графа. Формально вона описана у вигляді графа  $G(N, E)$ , у якому  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  – множина вузлів (акторів);  $E = \{1, 2, \dots, k\}$  – множина ребер, що відображають зв'язок акторів між собою. Під зв'язком між акторами розуміємо соціальні відносини (мають родинні зв'язки, “дружать”, “репостять”, об'єднані спільними інтересами). Вузли зважені згідно з алгоритмом PageRank, ваги ребер визначають відповідно до кількості зв'язків між акторами. Дана модель побудована на основі теорії аналізу СМ, за якою обраховуються характеристики окремих акторів ЦА. Вхідними даними для такої моделі обрано СМ «ВКонтакте».

**Виклад основного матеріалу.** Аналіз структури соціального графа, побудованого за графовою моделлю, повинен дозволити оцінити акторів ЦА як агентів, що поширюють ПсВ у СМ, та дослідити канали його поширення серед ЦА.

Верифікацію даної моделі пропонуємо проводити на основі таких підходів:

- 1) візуалізація даних та перевірка її на відповідність вхідним значенням, що відображають структуру ЦА;
- 2) когнітивний аналіз отриманих результатів;
- 3) трасування моделі.

Для візуалізації та аналізу графів є низка програм, характеристики яких наведено в табл. 1. З метою реалізації поставленого завдання програмний засіб обирався з огляду на такі можливості: запуск на персональному комп'ютері; вільний доступ; внесення змін відповідно до особливостей моделі; зручний вхідний формат даних та опрацювання графів великих масштабів, яким відповідають реальні СМ. Усіма перерахованими характеристиками володіє програмне забезпечення Gephi, при цьому має зручний та зрозумілий інтерфейс, дозволяє обраховувати ті характеристики акторів, які передбачає теорія аналізу СМ. Gephi має можливість аналізувати великі масиви даних для висунення гіпотез, виявляє недоліки в джерелах інформації. Це допоміжний інструмент традиційної статистики, який відзначається візуальним мисленням та інтерактивним відношенням для полегшення аргументації процесів у соціальних структурах.

## Можливості програмного забезпечення для візуалізації та аналізу графів

Можливості Програмне забезпечення	Мова реалізації	Відкритий код	Формат вхідних даних	Формат вихідних даних	Обсяг вхідних даних	Доступ до використання
SocNet	C++	Ні	Pajek(.net,gml), UCINET(.dl), Graphviz(.dot), Adjacency, edge	GraphML Default, Pajek, Adjacency Matrix , PDF, PNG, JPG	Big Data	Вільний
Gephi	Java	Так	GraphViz(.dot), Graphlet(.gml), GUESS(.gdf), LEDA(.gml), NetworkX(.graphml, .net), NodeXL(.graphml, .net), Pajek(.net, .gml), Sonivis(.graphml), Tulip(.tlp, .dot), UCINET(.dl), yEd(.gml), Gephi (.gexf), edge	list(.csv), databases GUESS(.gdf), Gephi(.gexf), .svg, .png	Node 104, Edge 106	Вільний
R	R	Так	Almost all formats	Pajek, Graphml And other	Big Data	Вільний
UCInet	Java	Так	DL, Excel, VNA, Pajek, Text DL, Excel, Pajek, Mage, Metis, VNA	from netdraw	Big Data	Вільний доступ для ознайомлен ня до 90 днів
NodeXL	C#	Так	email, .csv (text), .txt, .xls (Excel), .xslt(Excel 2007, 2010, 2013), .net (Pajek), .dl (UCINET), GraphML	.csv (text), .txt, .xls (Excel), .xslt.dl	Big Data	Вільний (додатковий функціонал за ліцензією)
Pajek	Java	Ні	Convert text file and excel The format pajek UCINET( dl) GED, Ore-graph ,pgraph, Some molecular formats PDF	Pajek (.net) UCINET(dl) VOS	Very big data	Вільний
Graphviz	C, C++, Java	Так	GraphViz(.dot)	.bmp, .canon, .cmap, .eps, .fig, .gd, .gd2, .gif, .gtk, .ico, .imap, .cmapx, .ismap, .jpeg, .pdf, .plain, .png, .ps, .ps2, .svg, .svgz, .tif, .vml, .vmlz, .vrml, .wbmp, .xlib	Size Medium volume 1000No de Big Data	Вільний
NetworkX	Paython	Так	GML, Graph6/Sparse6, GraphML, GraphViz (.dot), NetworkX (.yaml, adjacency lists, and edge lists), Pajek (.net), LEDA	GML, Gnome Dia, Graph6/Sparse6, GraphML, GraphViz (.dot), NetworkX (.yaml, adjacency lists, and edge lists), Pajek (.net), (.jpg, .png, .ps, .svg, et al.)	Big Data	Вільний

Побудуємо графову модель ЦА за алгоритмом [9] та проаналізуємо характеристики акторів ЦА на її основі. Для відображення структури ЦА було зібрано тестовий набір даних із СМ “ВКонтакте” за допомогою онлайн сервісу <https://vk.barkov.net> та методів API, оскільки він не містить необхідного повного функціоналу. За ЦА обрано мешканців міста Волновахи, старших 18 років. Тестовий набір даних містив 8421 актора та 13706 зв’язків між ними. Для модельного прикладу не враховувалися всі наявні зв’язки акторів. Через відсутність навчальної вибірки використовувалися реальні дані.

Зібрані дані були опрацьовані, на їх основі побудовано базу даних у форматі .csv, що підтримується програмою Gephi. На рис. 1 показано граф, змодельований у Gephi, у якому діаметр вершини вказує на вагу актора, тобто показує рівень ієрархії, до якої він належить.

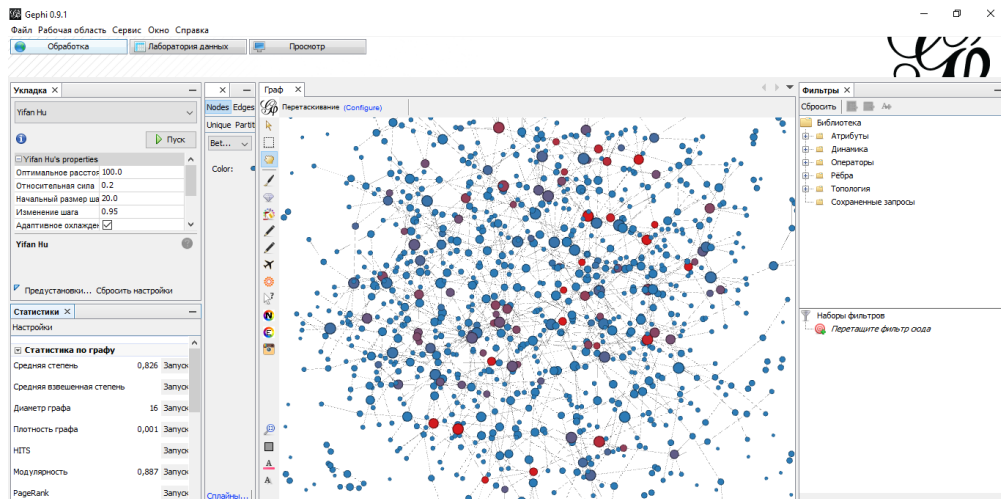


Рис. 1. Граф із виділеними вершинами за їх вагами

Якщо візуально не можна виділити одного лідера найвищого рівня ієрархії, то його можна визначити, звернувшись до бази даних, до якої автоматично заносяться результати обрахованих програмою характеристик. Так, найбільшу вагу вершини (значення PageRank) має актор Едуард Поползін (рис. 2).

No...	Id	ИМЯ	ФАМИЛИЯ	ПОЛ	ЛЕТ	РОДНОЙ Г...	УНИВЕРСИТЕТ	Eccentricity	Closeness Centrality	Betweenness Cen...	PageRank	Eigenvector Centrality
3	311330435	Эдуард	Поползин	М	56	Волноваха	НІПУ	7	3,854	5 702 480,907	0,039	0,203

Рис. 2. Виділений актор із найвищим показником PageRank у базі даних

Валідація проводилася шляхом перевірки коректності результатів моделювання та обчислених характеристик у ході аналізу на відповідність реальним даним, що відображені у СМ. Також графова модель повинна забезпечити можливість аналізу ЦА як соціальної групи, тобто давати відповідь про роль обраних акторів у мережі в цілому.

На основі побудованої графової моделі в програмному засобі Gephi проаналізовано структурні характеристики ЦА. **Центральність із посередництва** є найбільш прийнятною мірою для визначення ступеня здатності індивіда контролювати взаємодію людей у своєму соціумі. Центральність із посередництва (betweenness centrality, CB) – показник центральності, що відображає присутність вершини в найкоротших шляхах між будь-якими іншими вершинами. Це сума ймовірностей того, що інші актори у своїх взаємодіях будуть вдаватися до посередництва даного актора:

$$C_B(v) = \sum_{s \neq v \neq t} \frac{\sigma_{st}(v)}{\sigma_{st}}, \quad (1)$$

де  $\sigma_{st}$  – загальна кількість найкоротших шляхів з вершини  $s$  до вершини  $t$ ;

$\sigma_{st}(v)$  – кількість найкоротших шляхів з вершини  $s$  до вершини  $t$ , що проходять через вершину  $v$ .

Обрахуємо згадану вище характеристику акторів та проаналізуємо тестову ЦА за ним. За результатами обчислень позначмо як лідера за кількістю зв'язків (значення у базі даних Betweenness Centrality) актора з id 208604976 (Артур Волноваха), що є зв'язним елементом

між різними частинами мережі. На графі актори з найбільшим значенням Betweenness Centrality мають великий діаметр та інший колір, а з найменшим – найменший діаметр (рис. 3).

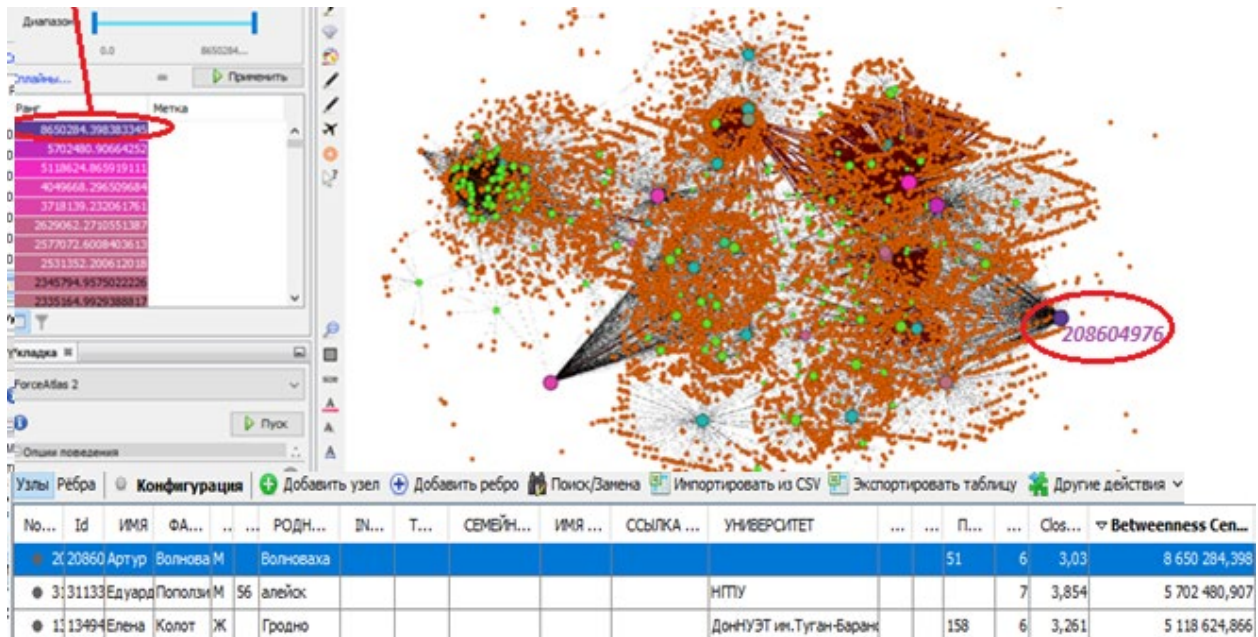


Рис. 3. Обрахунок характеристики “Центральність із посередництва” та виділені актори з високим показником

Проведене дослідження показало, що високий ступінь центральності з посередництва має вкрай невелика кількість акторів, близько 2%. Це означає, що в аналізованій ЦА не спостерігається складної розгалуженої мережі з безліччю великих кластерів і спільнот. Тобто актори мають можливість передавати інформацію, спілкуючись одночасно в декількох різних колах думок. Високий ступінь центральності з посередництва не означає, що актор істотно впливає на думку усієї ЦА, тому доцільно оцінювати впливовість. Дослідження показало, що високою центральністю за власним вектором (впливовістю) володіє Єлизавета Шароведова (рис. 4), яка має середній показник за центральністю з посередництва. На графі актори з найбільшим значенням центральності мають червоний колір та великий діаметр вершини графа.

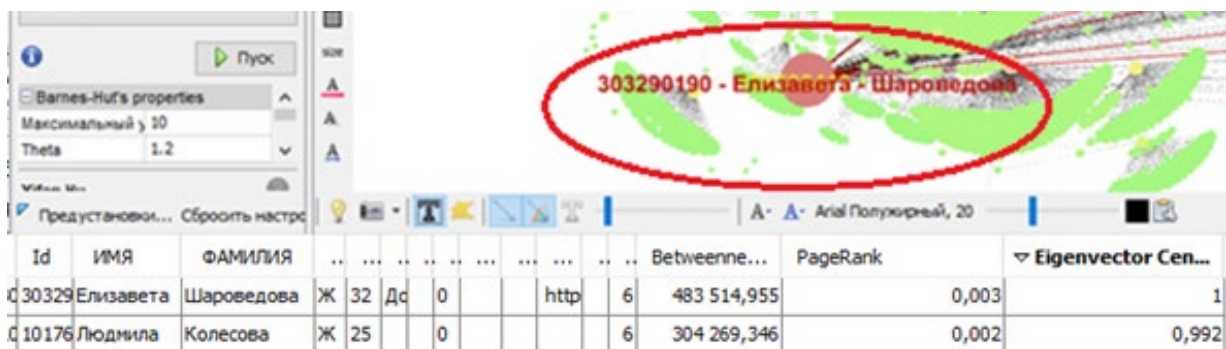


Рис. 4. Візуалізація графа з розподілом акторів за центральністю за власним вектором

Для оцінювання відповідності отриманих результатів проведемо перехресну перевірку: звіримо інформацію із СМ із тією, що відображає граф ЦА, візуалізований

у Gephi, та з базою даних, за якою він будується. Кожен актор занесений до бази даних під ідентифікаційним номером, що відповідає його id у СМ. Достовірність відображення інформації про актора наведено на рис. 5.

У верхній частині рис. 5 наведено фрагмент бази даних, за якою будується граф. У нижній – фрагмент сторінки СМ, що містить інформацію про конкретну особу. З рис. 5 випливає, що інформація, зібрана для бази даних, відповідає реальній. На рис. 6 наведено зв'язки випадково обраного актора, як його ідентифікатор виводиться id номер.

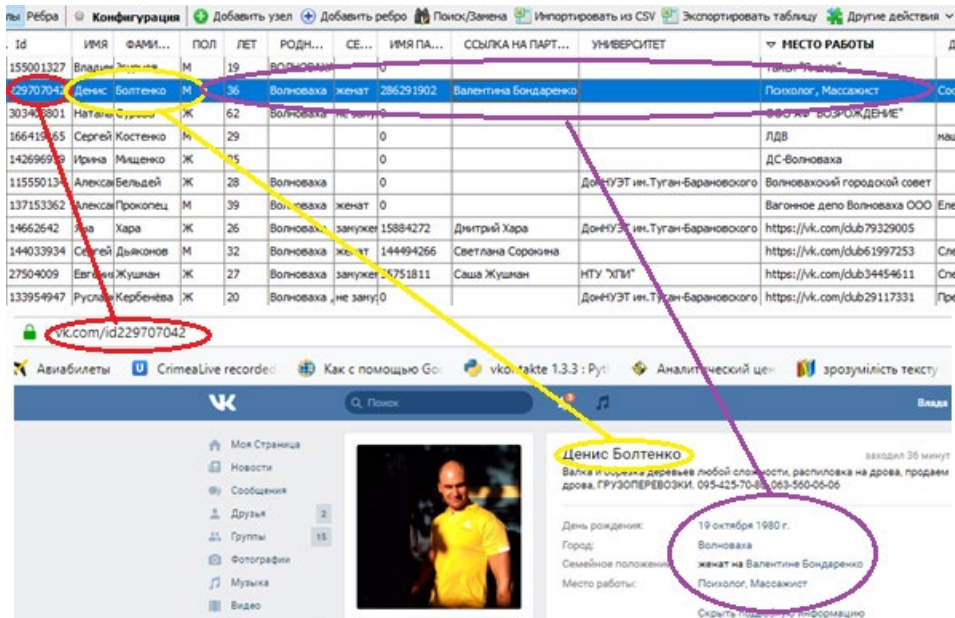


Рис. 5. Відповідність інформації бази даних відомостям із СМ на прикладі одного актора

З рис. 6 видно, що в базі даних, як і на екрані виведення графа, для актора з id 85302158 є лише два комунікатори, з якими він пов'язаний, при чому вага цього зв'язку мінімальна і дорівнює 1, про що свідчить відповідна графа в базі даних Weight. Перевірка реальної інформації в СМ підтверджує наявність між ними зв'язків категорії "Дружба", крім того, актори дійсно належать до жителів міста Волновеха.

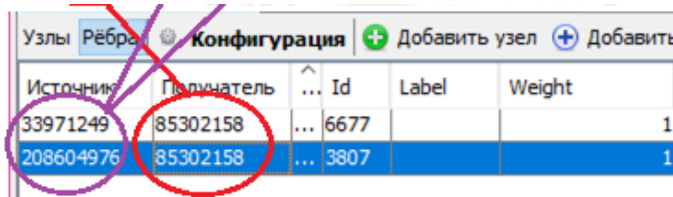


Рис. 6. Перевірка достовірності відображення зв'язків між акторами

**Висновок.** Візуалізація графової моделі, як підхід до її верифікації спеціальними програмними засобами відображення, дає можливість не лише підтвердити адекватність побудованої моделі, а й наочно опрацювати дані, швидко аналізувати характеристики графа (ЦА).

Отже, візуалізація побудованої графової моделі відповідає дійсності. За допомогою програмного засобу Gephi вона працює коректно. Користувач має можливість провести розрахунок характеристик акторів ЦА на основі розробленої моделі, а обраховані програмою значення відповідають дійсності.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Биккулов А. С., Чугунов А. В. Сетевой подход в социальной информатике: моделирование социально-экономических процессов и исследования в социальных сетях : учеб. пособ. Москва : РОС, 2013. 210 с.
2. Абрамова Н. А. О формировании интерфейсных понятий компьютерных технологий и психологической корректности // Труды 2-й междунар. конф. “Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций”. Москва : ИПУ РАН, 2002. Т. 2. С. 26–35.
3. Абрамова Н. А., Коврига С. В. Некоторые критерии достоверности моделей на основе когнитивных карт // Системный анализ. Москва, 2008. № 6. С. 23–33.
4. Дыхненко Л. М., Кабаненко И. В., Кузьмин И. В. Основы моделирования сложных систем : учеб. пособ. для вузов. Киев : Вища школа, 1981. 321 с.
5. Лебедев А. Н. Моделирование в научно-технических исследованиях. Москва : Радио и связь, 1989. С. 124–135.
6. Кубланов М. С. Математическое моделирование. Ч. I. Методология и методы разработки математических моделей механических систем и процессов : учеб. пособ. 4-е изд. Москва : МГТУ ГА, 2013. 134 с.
7. Кубланов М. С. Об адекватности математических моделей и задаче идентификации // Научный вестник МГТУ ГА. Серия “Аэромеханика и прочность”. 2009. № 138. С. 101–106.
8. Кубланов М. С. Проверка адекватности математических моделей // Научный вестник МГТУ ГА. 2015. № 211. С. 98–100.
9. Savchuk V. S. Graphic Model of The Target Audience of Psychological Influence in Social Networks // Information & Security: Hybrid Warfare Challenges and Responses: Lessons from Ukraine. Sofia. 2018. Vol. 41. P. 28–36.

Подано 30.12.2020

## REFERENCES

1. Bikkulov, A. S., & Chugunov, A. V. (2013). *Setevoi podkhod v sotsial'noi informatike: modelirovanie sotsial'no-ekonomicheskikh protsessov i issledovaniia v sotsial'nykh setiakh* [A network approach in social informatics: modeling socio-economic processes and research in social networks]. Moscow [in Russian].
2. Abramova, N. A. (2002). O formirovanii interfeisnykh poniatii komp'iuternykh tekhnologii i psikhologicheskoi korrektnosti [On the formation of interface concepts of computer technology and psychological correctness]. In *Trudy 2-i mezhdunar. konf. "Kognitivnyi analiz i upravlenie razvitiem situatsii"* [Proceedings of the 2nd international. conf. "Cognitive Analysis and managing the development of situations"]. Moscow, 2002. (Vol. 2, pp. 26–35). Moscow: IPU RAN [in Russian].
3. Abramova, N. A., & Kovriga, S. V. (2008). Nekotorye kriterii dostovernosti modelei na osnove kognitivnykh kart [Some Criteria for the Reliability of Models Based on Cognitive Maps]. *Sistemnyi analiz* [System Analysis], 6, 23–33. Moscow [in Russian].
4. Dykhnenko, L. M., Kabanenko, I. V., & Kuz'min, I. V. (1981). *Osnovy modelirovaniia slozhnykh sistem* [Fundamentals of Complex System Modeling]. Kyiv [in Russian].
5. Lebedev, A. N. (1989). *Modelirovanie v nauchno-tekhnicheskikh issledovaniiax* [Simulation in scientific and technical research]. Moscow [in Russian].

6. Kublanov, M. S. (2013). Part 1. Metodologija i metody razrabotki matematicheskikh modelei mekhanicheskikh sistem i protsessov [Methodology and methods for the development of mathematical models of mechanical systems and processes]. In *Matematicheskoe modelirovanie [Math modeling]*. (4<sup>th</sup> ed.). Moscow [in Russian].
7. Kublanov, M. S. (2009). Ob adekvatnosti matematicheskikh modelei i zadache identifikatsii [On the adequacy of mathematical models and the identification problem]. *Nauchnyi vestnik MGTU GA. Seriya "Aeromekhanika i prochnost'" [Scientific Bulletin of MSTU GA. Aeromechanics and Strength Series]*, 138, 101–106 [in Russian].
8. Kublanov, M. S. (2015). Proverka adekvatnosti matematicheskikh modelei [Checking the adequacy of mathematical models]. *Nauchnyi vestnik MGTU GA [Scientific Bulletin of MSTU GA]*, 211, 98–100 [in Russian].
9. Savchuk, V. S. (2018). Graphic Model of The Target Audience of Psychological Influence in Social Networks. *Information & Security: Hybrid Warfare Challenges and Responses: Lessons from Ukraine, Vol. 41*, 28–36. Sofia.

**V. S. Savchuk**

#### **APPROACH TO VERIFICATION OF THE TARGET AUDIENCE MODEL OF PSYCHOLOGICAL INFLUENCE IN SOCIAL NETWORKS**

*Modern planning of psychological operations is not possible without the use of information technology, such as modeling tools that ensure the accuracy of planned operations and predict their results. Modern technologies also help to facilitate the perception of information through visualization. Any information, especially on social networks, is easier for analysts to process if it is presented in a schematic form. For example, the target audience of psychological influence in social networks can be represented by a graph. The article solves the urgent problem of verifying the model of the target audience of psychological influence in social networks. The approach to model verification is based on a combination of cognitive criteria of topological structure. Classical methods of verification of mathematical models are used for verification of mathematical calculations. Data visualization is taken as the basis of the cognition criterion. The article presents a method of graph visualization, which sets the mathematical model of the target audience. Visual representation of the graph not only promotes better assimilation, but also speeds up the analysis of the collected information about the target audience through automation. The data obtained during the run of the model are compared with real data, thus confirming the conformity of the behavior of the model to real phenomena. Validation of the model with the help of software was performed by tracing the model. The adequacy of the model is based on the possibility of analysis of the target audience by the user according to the characteristics of individual actors, which make it possible to determine their role and analyze the structure of the target audience as a whole. The theory of analysis of social networks is the basis of the choice of characteristics of the target audience. To assess the adequacy of the model, two characteristics of the target audience were chosen, as centrality in mediation and centrality in its own vector. The results of the calculations are presented using the software application Gephi. Data from the VKontakte social network were used as input data to check the adequacy of the model.*

**Keywords:** *verification, graph model, visualization, target audience, social networks.*