

## **ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПОШИРЕННЯ ПРОДУКЦІЇ ПСИХОЛОГІЧНОГО ВПЛИВУ В СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖАХ**

*У статті запропоновано підхід до побудови імітаційної моделі поширення продукції психологічного впливу в соціальних мережах. Показано, що основою імітаційної моделі є відповідна логіко-аналітична модель. Обґрунтовано вибір мультиагентного підходу моделювання та наведено структуру класів, які використовують для побудови моделі засобами AnyLogic. На базі алгоритму процесу поширення продукції психологічного впливу в соціальних мережах розроблено діаграму станів, що є основою для побудови імітаційної моделі, та описано логіку переходів між ними. Показано, що запропонований підхід до моделювання дозволяє відобразити реальну структуру цільової аудиторії, на яку поширюється продукція психологічного впливу, та забезпечує врахування її соціально-демографічних характеристик. У статті також наведено результати комп'ютерного експерименту, які підтверджують адекватність запропонованої моделі. Вона може бути використана для вивчення як зовнішніх, так і внутрішніх факторів, що впливають на процес поширення продукції психологічного впливу в соціальних мережах. Модель верифіковано в середовищі імітаційного моделювання AnyLogic.*

**Ключові слова:** імітаційна модель, процес поширення продукції психологічного впливу, соціальна мережа, мультиагентний підхід.

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** Сьогодні у світі налічується понад два мільярди користувачів мережі Інтернет, з яких 80% зареєстровані в соціальних мережах (СМ). Практика [1] показує, що користувачі СМ не лише споживають, створюють та поширюють у них інформацію, а й активно формують громадську думку. За останній час у деяких державах, наприклад Тунісі, Єгипті, Лівії, Сирії, Білорусі, Україні, СМ вплинули на державотворчі процеси [2]. Тому для забезпечення воєнної безпеки держави в інформаційній сфері потрібно мати реально діючу ефективну систему забезпечення інформаційної безпеки, яка здатна вирішувати весь спектр завдань: від виявлення іноземного впливу – до протидії йому. При цьому в рамках інформаційної протидії важливим завданням є розроблення продукції психологічного впливу (ПсВ) та її подальше поширення в СМ. Першим кроком на шляху вирішення зазначеного завдання може бути розроблення імітаційних моделей.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз літератури [2–4] свідчить про наявність різних моделей вивчення процесів поширення інформації, у тому числі й продукції ПсВ, серед користувачів СМ. Так, у [3] описано застосування різних програм для моніторингу СМ, що ґрунтуються на відомих моделях [1-3]. Основним їх недоліком є те, що існує початкова потреба в значній кількості обчислювальних ресурсів для аналізу процесів поширення ПсВ. У [4] запропоновано математичні моделі поширення продукції ПсВ, адекватність яких забезпечується лише за великих наборів статистичних даних СМ, що потребує вагомих затрат обчислювальних ресурсів. У [5] розглянуто підхід, що

© В. С. Савчук, 2018

дозволяє визначити ключових акторів, які поширюють інформацію в СМ, проте відсутня модель, що відкриває можливість аналізу процесу в цілому. У [6] запропоновано методику використання СМ як засобу для поширення деструктивного впливу, яка ґрунтується на відомій моделі [3], при цьому в ній не розкрито ті фактори, які впливають на результат поширення продукції ПсВ. У [7–10] наведено підхід до імітаційного моделювання, який дозволяє досліджувати вплив зовнішніх факторів на процес поширення продукції ПсВ з урахуванням особливостей того середовища, у якому відбувається даний процес. Крім того, запропонована в [6] модель дозволяє врахувати деякі характеристики користувача СМ, але не бере до уваги особливостей поширення ПсВ в СМ серед визначеної цільової аудиторії (ЦА). Тому існуючі моделі потребують подальшого удосконалення за рахунок впровадження технології імітаційного моделювання.

Отже, метою статті є розроблення імітаційної моделі поширення продукції ПсВ у СМ на основі логіко-аналітичної (математичної) моделі поширення інформації серед користувачів СМ.

**Виклад основного матеріалу.** Важливим напрямком при аналізі та синтезі мереж із великою кількістю вершин, структура яких змінюється в часі, наприклад мережа користувачів СМ, є імітаційне моделювання на основі математичного апарату теорії графів. Його особливість - це можливість відтворювати модельовані об'єкти зі збереженням логічної структури та поведінкових властивостей [8], що дозволяє описати комунікаційні процеси в СМ. В імітаційному моделюванні використання математичного апарату графів сприяє застосуванню підходу мультиагентного моделювання. Як наслідок, при дослідженні процесів поширення продукції ПсВ можна врахувати не лише характеристики користувачів СМ, а й визначати фактори, за допомогою яких можна впливати на цей процес.

Виходячи з аналізу літератури [1–10], можна стверджувати, що до процесу дослідження поширення продукції ПсВ у СМ слід ставити такі вимоги: забезпечення аналізу впливу особливостей середовища поширення продукції ПсВ та характеристик користувачів СМ; врахування комунікаційних каналів користувачів СМ; встановлення вірусного поширення продукції ПсВ серед них; дослідження стрімкої динаміки інформаційного наповнення мережі. Найповніше такі вимоги, як випливає з [10], задовольняє підхід імітаційного моделювання. Тому для дослідження процесу поширення продукції ПсВ на визначену ЦА в СМ пропонуємо розробити імітаційну модель, в основу якої покладено принцип стохастичних блукань у графі, що точно відповідає структурі комунікаційних зв'язків користувачів СМ. Для врахування характеристик визначеної ЦА пропонується проаналізувати характеристики кожного з користувачів СМ як окремої особистості. Наведені особливості можуть бути враховані завдяки мультиагентному підходу до імітаційного моделювання. Мультиагентне моделювання – це метод, який досліджує поведінку децентралізованих агентів і те, як вона визначає поведінку всієї системи в цілому [8]. Тобто поведінка агентів визначається на індивідуальному рівні, а поведінка усєї системи є результатом діяльності багатьох агентів і їх взаємодії. Під агентом розуміють користувача СМ як об'єкта з деякою послідовністю подій, що описує його поведінку в часі в модельованій системі. Кожен агент володіє своїм власним змінним станом, що дозволяє деталізувати модель. Головною ідеєю агентного моделювання

є виділення агентів, здатних самостійно приймати рішення і взаємодіяти з іншими та навколишнім середовищем відповідно до заданого набору правил [7-10]. Дії агентів імітуються в моделі так, як наслідки з досягнутого стану системи.

Для врахування особливостей середовища поширення продукції ПсВ, а саме СМ, визначимо алгоритм поширення продукції ПсВ у СМ, що ґрунтується на загальновідомих принципах поширення інформації в реальних мережах. Розглянемо покроково суть алгоритму поширення продукції ПсВ.

На першому кроці визначенню підлягає дві категорії: користувачі СМ, що вже знаходяться під впливом спожитої продукції ПсВ, та ті, завданням яких є розповсюдити продукцію ПсВ. При цьому друга категорія користувачів СМ виступає в ролі ініціаторів вірусного розповсюдження продукції ПсВ у мережі (ефект «з вуст в уста») [11]. Таким чином, продукція ПсВ може поширюватися будь-яким користувачем СМ чи їх групою, що перебуває під впливом, до тих, з ким є зв'язок. Користувачів-ініціаторів пропонується визначати відповідно до моделі ЦА, розробленої в [12].

На другому кроці обраховується деяка ймовірність  $\beta$  того, що користувачі СМ, отримавши продукцію ПсВ, опиняться під дією ПсВ та продовжать її поширення. Користувач СМ може ігнорувати продукцію ПсВ та не брати участі в подальшому процесі її поширення з імовірністю  $1-\beta$ . Як правило, імовірність  $\beta$  залежить від типу подачі повідомлення, його відправника, зацікавленості адресата, рівня його освіти, соціально-демографічних характеристик.

На третьому кроці визначається час продовження процесу поширення продукції ПсВ, який триває, поки є користувачі СМ, що ще не отримували її, за умови, що кожен з них може відправити продукцію ПсВ іншим користувачам СМ, з якими має зв'язок лише один раз.

Спираючись на логіко-аналітичну модель поширення інфекцій SIR [9], що дозволяє врахувати топологію ЦА [13], яка відповідно до [14] набуває властивостей безмасштабного графа, математична модель поширення процесу ПсВ у СМ набуває такого вигляду:

$$\begin{cases} \frac{dn_s^k(t)}{dt} = -\beta_k n_s^k(t) \Theta(\beta); \\ \frac{dn_i^k(t)}{dt} = \beta_k k n_i^k(t) \Theta(\beta); \\ \frac{dn_r^k(t)}{dt} = \gamma_k n_r^k(t) \Theta(\beta), \end{cases} \quad (1)$$

де  $n_s^k(t)$  – кількість користувачів СМ, що є потенційними споживачами ПсВ серед користувачів СМ зі ступенем  $k$  у топології ЦА;

$\beta_k$  – імовірність обміну продукцією ПсВ із пов'язаними користувачами СМ зі ступенем  $k$ ;

$\Theta(\beta)$  – імовірність того, що сусідній користувач СМ у топології ЦА знаходиться під впливом продукції ПсВ;

$n_i^k(t)$  – кількість користувачів СМ, на яких впливає продукція ПсВ, зі ступенем  $k$  у топології графа ЦА;

$\gamma_k$  – імовірність того, що користувач СМ, отримавши продукцію ПсВ, не зазнає впливу.

Розроблений вище алгоритм процесу поширення ПсВ у СМ становить основу розробленої імітаційної моделі, яка, на відміну від відомих, дозволяє враховувати індивідуальні характеристики користувачів СМ та структуру ЦА. На основі аналізу досліджень [11, 15] встановлено зв'язок соціально-демографічних характеристик з імовірністю поширення інформації в СМ, що є основою для визначення ймовірностей передачі продукції ПсВ у СМ (табл.1).

Таблиця 1

Імовірність поширення продукції ПсВ залежно від характеристик користувачів СМ

Характеристика користувача СМ	Стать		Вік				Освіта		Сила зв'язку	
	Чоловік	Жінка	До 25	Від 25 до 40	Від 40 до 60	Більше 60	Без вищої освіти	Вища освіта	Слабкий	Сильний
Імовірність передачі продукції ПсВ	$(p_{стать})$		$(p_{вік})$				$(p_{освіта})$		$(p_{сила\_зв})$	
	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,8	0,6	0,3	0,6

На основі аналітичного виразу (1) формалізуємо задачу розроблення імітаційної моделі. Нехай ЦА описується графовою моделлю  $G = \{N, E\}$ , кожна вершина якого відповідає агенту ЦА та має одну з міток:  $S$  – агент є потенційним споживачем продукції ПсВ;  $I$  – агент опинився під впливом продукції ПсВ та є ініціатором її подальшого поширення;  $R$  – агент отримав продукцію ПсВ та не зазнав впливу. Нехай продукція ПсВ поширюється від агента  $I$  до тих  $S$ , з ким він пов'язаний, з деякою ймовірністю  $\beta = p_{пови}$ , що залежить від таких його характеристик: вік, стать та міцність зв'язків з іншим агентом. Також існує ймовірність  $\Theta(\beta) = p_{впливу}$  того, що цей агент зазнає впливу продукції ПсВ, після чого змінить стан на мітку  $I$ , та  $\gamma_k$  – імовірність того, що агент, отримавши продукцію ПсВ, проігнорує її, тобто не сприйматиме, та змінить стан на мітку  $R$ .

У результаті роботи моделі необхідно отримати такі дані:  $I(t)$ ,  $R(t)$ ,  $S(t)$  – числові масиви даних, що описують динамічний процес поширення продукції ПсВ (кількість агентів, що зазнали впливу продукції ПсВ; кількість агентів, які, отримавши продукцію ПсВ, не піддалися її впливу; кількість агентів, що ще не отримували продукції ПсВ за одиницю часу).

Реалізація агентної моделі виконується за допомогою середовища моделювання AnyLogic [7]. Задається два типи агентів: Main для опису високорівневого об'єкта, що характеризує середовище, де розміщені всі агенти; Person для опису конкретного агента. Кожен тип є підтипом базового типу Agent. Кількість агентів включено в тип Main як популяцію, тобто безліч дублікатів агентів типу Person. ЦА в імітаційній моделі відповідають агенти, причому кожен з них моделює поведінку одного користувача СМ. Популяція агентів задається через базу даних, отриману в процесі побудови моделі ЦА [12]. Кожен агент володіє набором характеристик, які впливають на ймовірність

поширення продукції ПсВ. Визначено такі вхідні дані для роботи моделі:  $N$  – кількість агентів ЦА;  $E$  – зв'язки між ними;  $P_{вік}$ ,  $P_{стать}$ ,  $P_{освіта}$ ,  $P_{сила\_зв}$  – імовірність зазнати впливу відповідно до відомих соціально-демографічних характеристик (див. табл. 1);  $I_0$  – початкова кількість агентів, які є ініціаторами поширення продукції ПсВ.

Тоді процес поширення продукції ПсВ описується діаграмою станів (рис. 1).

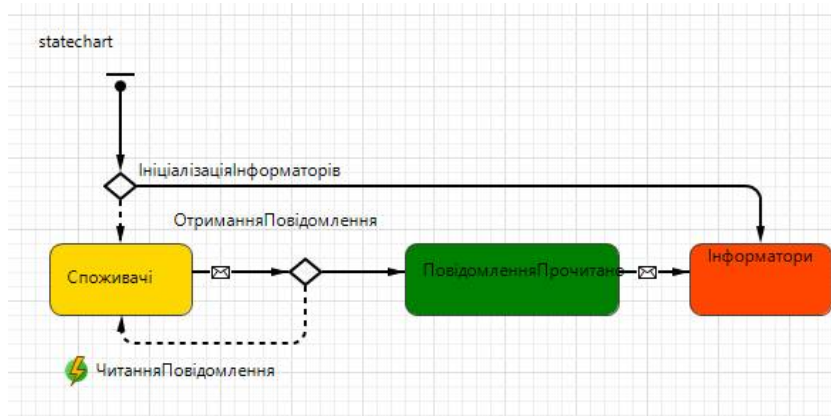


Рис. 1. Діаграма станів імітаційної моделі поширення продукції ПсВ у СМ, побудована засобами AnyLogic

Відповідно до того, які типи агентів визначено, існує три стани: «Споживачі» – описує стан з міткою  $S$ ; «Повідомлення прочитано» – агент отримав продукцію ПсВ та ще не почав розповсюджувати повідомлення з ПсВ далі, тобто має мітку  $R$ ; «Інформатор» – стан, коли агент знаходиться під впливом продукції ПсВ та активно її розповсюджує, тобто має мітку  $I$ . Кожному стану характерний набір правил, відповідно до яких здійснюється його зміна, що полягає в таких кроках.

*Крок 1.* Ініціалізація «Інформаторів» (інформаторами виступають агенти, що задаються випадковим чином відповідно до зазначеної кількості чи через базу даних).

*Крок 2.* Випадковим чином «Інформатор» передає продукцію ПсВ кожному агенту, з яким він пов'язаний.

*Крок 3.* Імовірність отримати продукцію ПсВ конкретним агентом від «Інформатора» визначається за таким виразом:

$$P_{пош} = P_{вік} * P_{стать} * P_{сила\_зв} , \tag{2}$$

де  $P_{пош}$  - імовірність поширення продукції ПсВ;

$P_{вік}$ ,  $P_{стать}$ ,  $P_{сила\_зв}$  – імовірнісні характеристики поширення продукції ПсВ відправника.

Якщо агент не отримав продукції ПсВ, його стан залишається «Споживач».

*Крок 4.* Відбувається подія «Читання повідомлення», яка триває певний час, що для кожного агента різний. Після отримання продукції ПсВ обраховується період прочитання повідомлення. Встановлено, що чим вища ймовірність отримати продукцію ПсВ, тим швидше агент її отримає. Перехід у стан «Повідомлення прочитано» відбувається із затримкою  $\Delta t$ , що визначається за виразом

$$\Delta t = \frac{t_{\text{базове}}}{P_{\text{нош}}}, \quad (3)$$

де  $t_{\text{базове}}$  – базовий період прочитання повідомлення (припускається, що  $t_{\text{базове}} = 10$  с) при  $0 < P_{\text{нош}} \leq 1$ .

Крок 5. Після зміни стану агента на «Повідомлення прочитано» визначається ймовірність того, що він змінить свій стан на «Інформатор» за виразом:

$$P_{\text{впливу}} = P_{\text{вік}} * P_{\text{стать}} * P_{\text{освіта}}, \quad (4)$$

де  $P_{\text{впливу}}$  - імовірність опинитися під впливом продукції ПсВ;

$P_{\text{вік}}, P_{\text{стать}}, P_{\text{освіта}}$  – імовірнісні характеристики сприйняття продукції ПсВ отримувача.

Крок 6. Агент у стані «Інформатор» починає відправляти продукцію ПсВ тим, з ким має зв'язок. Дія повторюється, доки кожен агент у цьому стані не відправить продукцію ПсВ.

Важливим етапом роботи з моделлю є комп'ютерний експеримент. У найпростішому випадку це запуск на виконання моделі за різних значень її істотних параметрів (факторів поширення продукції ПсВ) і спостереження за її поведінкою з реєстрацією характеристик функціонування системи. Цей вид використання моделі називається прогнозом, або експериментом типу «що буде, якщо ... ». Результати виконання імітаційної моделі зображено на рис. 2.



Рис. 2. Вікно виконання побудованої імітаційної моделі в середовищі AnyLogic для  $N = 200$  од.

На вхід системи подавалося 200 од. користувачів СМ та їх зв'язки, початкова кількість інформаторів  $I_0 = 5$  од. Усі характеристики щодо акторів зчитувалися з бази даних, отриманої в ході побудови графової моделі ЦА в [12]. У результаті отримано масиви  $I(t), R(t), S(t)$ , що подано на графіку (рис. 2). При збільшенні користувачів до 300 од. та при  $I_0 = 10$  од. спостерігається незначне зменшення часу (рис. 3). Тобто в другому випадку (див. рис. 3)  $I(t) = 100$  од. у момент часу  $t \sim 60$  хв, а в першому (див. рис. 2)  $I(t) = 100$  од. при  $t \sim 75$  хв.

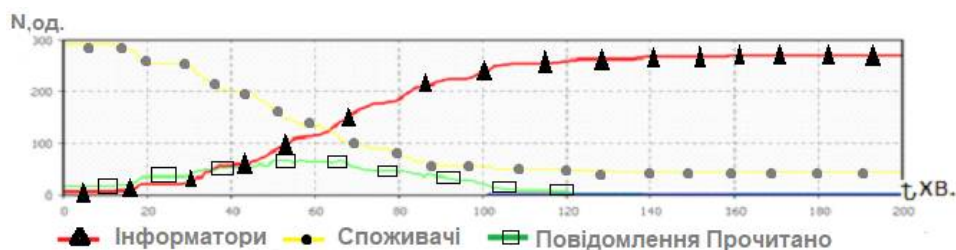


Рис. 3. Вікно виконання побудованої імітаційної моделі в середовищі AnyLogic для  $N = 300$  од.

Валідація моделі полягала в тому, що вихідні результати моделі перевірялися на відповідність реальним даним із датасету SNAP: Vozon Tegn. Також вплив факторів на процес поширення продукції ПсВ відповідає поведінці реальної системи, що підтверджують результати експерименту (див. рис. 2, 3).

**Висновки.** Побудовано імітаційну модель, що на відміну від існуючих враховує топологічну структуру визначеної ЦА та індивідуальні характеристики користувача СМ, які впливають на вірусний процес поширення продукції ПсВ (вік, освіта, стать). У розробленій моделі враховано, що кожен агент, відповідно до його характеристик, може зазнавати ПсВ у різні моменти, навіть у разі отримання повідомлення в один час. Крім того, модель дозволяє досліджувати вплив середовища поширення продукції ПсВ. Досліджено, що збільшення початкової кількості агентів, що поширюють ПсВ, незначно впливає на скорочення часу поширення продукції ПсВ серед усієї ЦА, проте впливає топологічне розміщення користувача СМ, який є ініціатором вірусного поширення продукції ПсВ. Імітаційна модель може бути використана для отримання експериментальних результатів впливу різних факторів на процес поширення продукції ПсВ, а також для перевірки і корегування методів поширення продукції ПсВ у СМ.

#### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Гришук Р. В., Молодецька К. В. Постановка проблеми забезпечення інформаційної безпеки держави у соціальних інтернет-сервісах // Сучасний захист інформації. 2017. № 3 (31). С. 86–96.
2. Левченко О. В., Косошов О. М. Методика виявлення заходів негативного інформаційного впливу на основі аналізу відкритих джерел // Системи обробки інформації. 2016. Вип. 1. С. 100 -102.
3. Гришук Р. В. Основи кібербезпеки : монографія. Житомир : ЖНАЕУ, 2016. 636 с.
4. Губанов Д. А., Новиков Д. А., Чхарташвили А. Г. Социальные сети: модели информационного влияния, противоборства и управления : монографія. Москва : Изд-во физматлитературы, 2010. 228 с.
5. Мелешко Є. В., Гермак В. С., Охотний С. М. Дослідження методів визначення центральності акторів у соціальних мережах для задач інформаційної безпеки // Системи управління, навігації та зв'язку. 2016. № 4 (40). С 67 -73.
6. Гіда О. Ф. Соціальні мережі як засіб деструктивних впливів через інформаційний простір / Боротьба з організованою злочинністю і корупцією (теорія і практика). 2013. № 3 (31). С. 268–272.
7. Кондратьев М. А., Ивановский Р. И., Цыбалова Л. М. Применение агентного подхода к имитационному моделированию процесса распространения заболевания // Научно-технические ведомости СПб ГПУ. 2010. № 2. С. 189–194.
8. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5 : учеб.пос. Санкт- Петербург : БХВ-Петербург, 2005. 400 с.
9. Утакаева И. Х. Имитационное моделирование распространения эпидемий на основе агентного подхода // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 121 (07). С. 1–8.
10. Tanuma H., Deguchi H., Shimizu T. SOARS: Spot Oriented Agent Role Simulator // Agent-Based Social Systems. 2005. Vol. 1. P. 1–15.

11. Granovetter M. S. Getting a Job: A Study of Contacts and Careers, 2nd Edition. University of Chicago Press. 1975. 433 p.
12. Savchuk V. S. Graphic Model of The Target Audience of Psychological Influence in Social Networks // I&S 41: Hybrid Warfare Challenges and Responses: Lessons from Ukraine. 2018. № 41. DOI: [10.18372/2310-5461.38.12838](https://doi.org/10.18372/2310-5461.38.12838). URL: <http://procon.bg/article/graphic-model-target-audience-psychological-influence-social-networks> (дата звернення: 02.07.2018).
13. Снарский А. А., Ландэ Д. В. Моделирование сложных сетей : учеб. пособ. Київ : НТУУ «КПІ», 2015. 212 с.
14. Moore C., Newman M. E. Epidemics and percolation in small-world networks // Phys. Rev. 2000. Vol. 61. P. 5678–5682.
15. Братчикова Т. І. Фактори поширення інформації в соціальних он-лайн мережах: експертне опитування // Вісник Львівського ун-ту. Серія соціологічна. 2014. № 8. С. 169–179.

Подано 25.07.2018

**В. С. Савчук**

### **ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ**

*В статье предложен подход к построению имитационной модели распространения продукции психологического воздействия в социальных сетях. Показано, что основу имитационной модели составляет соответствующая логико-аналитическая модель. Обоснован выбор мультиагентного подхода моделирования и представлена структура классов, которые используют при построении модели средствами AnyLogic. На основе алгоритма процесса распространения продукции психологического воздействия в социальных сетях разработана диаграмма состояний, которая является основой для построения имитационной модели. Описана логика переходов между состояниями построенной модели. Показано, что имитационная модель позволяет отразить реальную структуру целевой аудитории, на которую распространяется продукция психологического воздействия, и обеспечивает учет ее социально-демографических характеристик. В статье также приведены результаты компьютерного эксперимента, которые подтверждают адекватность предложенной модели. Она может быть использована для изучения как внешних, так и внутренних факторов, влияющих на процесс распространения продукции психологического воздействия в социальных сетях. Модель верифицирована в среде имитационного моделирования AnyLogic.*

**Ключевые слова:** имитационная модель, процесс распространения продукции психологического воздействия, социальная сеть, мультиагентный подход.

**V. S. Savchuk**

### **IMMATIONOUS MODEL OF THE DISTRIBUTION OF PSYCHOLOGICAL INFLUENCE IN SOCIAL NETWORKS**

*The article proposes an approach to constructing an imitation model for the distribution of products of psychological influence in social networks. It is shown that the basis of the*



*simulation model is the corresponding logical-analytical model. The choice of the multiagent modeling approach is substantiated and the structure of the classes used in the construction of the model by means of AnyLogic is presented. On the basis of the algorithm of the process of propagation of products of psychological influence in social networks a diagram of states is developed, which is the basis for constructing an imitation model. The logic of transitions between the states of the constructed model is described. It is shown that the simulation model allows to reflect the actual structure of the target audience, which is distributed by products of psychological influence and ensures consideration of its socio-demographic characteristics, which is a feature. The article also presents the results of a computer experiment, which confirm the adequacy of the model. The proposed model can be used to study both external and internal factors that influence the process of distributing products of psychological influence in social networks. The model is verified in the AnyLogic simulation environment.*

**Keywords:** *simulation model, process of distribution of products of psychological influence, social network, multiagent approach.*