

УДК 519.21

ОЦІНКА СЕРЕДНЬОЇ ОПІРНОСТІ ОРГАНІЗМУ ЗАХВОРИЮВАННЯМ ПО ОБЛАСТЯХ УКРАЇНИ ТА ПРОГНОЗНА ОЦІНКА ФІНАНСОВОГО СТАНУ СТРАХОВОЇ КОМПАНІЇ НА ПРИКЛАДІ ДМС

І. Кушнір, Я. Єлейко

Львівський національний університет імені Івана Франка,
бул. Університетська, 1, Львів, 79000, e-mail: kushnir.iruna@gmail.com

Проаналізовано сучасний стан вітчизняного ринку добровільного страхування, визначено основні проблеми цієї галузі в сучасних умовах, виокремлено найоптимальніший напрям її подальшого розвитку та удосконалення. За допомогою методів математичного моделювання проведено порівняльний аналіз захворюваності населення по областях України. Використовуючи ланцюги Маркова, отримано результат, що дає змогу прогнозувати фінансовий стан в умовах невизначеності.

Ключові слова: добровільне медичне страхування, функція опірності організму захворюванням, ланцюг Маркова, матриця перехідних ймовірностей.

1. ВСТУП

Можливість вводити та розвивати добровільне медичне страхування в Україні закладено в прийнятому у 1996 р. законі України “Про страхування”, але значного поширення на вітчизняному страховому ринку воно ще не набуло, що підтверджує вітчизняна статистика, згідно з якою частка надання послуг добровільного медичного страхування у загальному об’ємі страхового ринку становить лише 2,6 %, при загальній кількості застрахованих цим видом страхування у 2 % від загальної кількості населення, в тім числі індивідуальних страхувальників – менше 1 % [7].

За даними опитувань, які проводяться в Україні, доля громадян, застрахованих у системі добровільного медичного страхування, серед дорослого населення (16 років і старші) становила 4,5 % в жовтні 2008 р. і 4,7 % в листопаді 2009 р. Для багатьох застрахованих страхувальниками є працедавці. Доля індивідуальних клієнтів за власною ініціативою, за оцінками більшості страхових компаній, поки незначна [1]. Сьогодні медичне страхування існує лише в добровільній формі, де з понад 450 страхових компаній України активно на цьому ринку працюють лише 17 компаній [4].

Не мають медичного страхування понад 95 % осіб. Тобто, перспективи розвитку системи медичного страхування в Україні значні, оскільки потенційних споживачів страхових послуг багато. Отже, медичне страхування повинно бути обов’язковим. Це призведе до зростання сильної та здорової нації, а як наслідок – сильної та ефективної економіки [8].

Враховуючи, що економіка країни під час епідемії несе значні збитки, пов’язані зі зниженням ефективності виробництва, а також додатковими витратами на амбулаторне та стаціонарне лікування.

Сьогодні сформувалось два основних напрями досліджень економічних втрат капіталу здоров’я людини.

Перший напрям ґрунтується на концепції вартості тягаря хвороб, згідно з яким економічно оцінюється його пряма та непряма вартість. Пряма враховує вартість лікування, догляду і реабілітації хворих, інші витрати на заходи з охорони

здоров'я населення. Непряма вартість становить втрачену вигоду під час виробництва ВВП, яка зумовлена трудовими витратами.

Другий напрям – концепція вартості людського життя – опирається на оцінку вартості людського життя як такого, без урахування витрат на медицину, соціальні трансферти, збитки, які пов'язані з недовиробництвом продукції.

Усі перелічені чинники та доступність статистичних даних про рівень захворюваності, величину економічних втрат пов'язаних із хворобою працівників, стали причиною вибору захворюваності населення для побудови функції опірності організму хворобам за регіонами України, і відповідно до цього, порівняння витрат зв'язаних з хворобою.

2. ОБґРУНТУВАННЯ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

2.1. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИНИКНЕННЯ ЗАХВОРЮВАННЯ

Базовим параметром при моделюванні процесу виникнення захворювання є ймовірність появи цієї події (захворювання) протягом одиниці часу. Оскільки спостереження проводять за кількістю однотипних об'єктів, то кількість захворювань описується розподілом Бернуллі. Позначимо:

- захворювання однієї особи протягом року за певним регіоном p_1 .

Сезонний характер процесу захворюваності не дає змоги скористатись моделлю Пуассонового потоку подій та обрати 1 рік як одиницю часу. Тому за одиницю часу оберемо 1 день. Якщо оцінка ймовірності захворіти протягом року ($r = 365$ днів) становить p_1 , то

- оцінка ймовірності не захворіти протягом одного дня за формулою Бернуллі

$$p_2 = \sqrt[r]{1 - p_1}. \quad (1)$$

Це число виражає середню опірність організму, що не залежить від сезонних коливань. Оскільки ця величина є індивідуальною властивістю організму, то цей факт враховується шляхом вибору випадкового значення p_2^* для кожного окремо, шляхом моделювання випадкової величини з β -розподілом, математичне сподівання якої дорівнює p_2

$$\int_0^1 x \cdot f_\beta(x, s_1, s_2) = p_2,$$

де

$$f_\beta(x, s_1, s_2) = \frac{\Gamma(s_1 + s_2)}{\Gamma(s_1) \cdot \Gamma(s_2)} x^{s_1-1} (1-x)^{s_2-1}; s_1, s_2 > 0; 0 < x < 1. \quad (2)$$

При фіксованому значенні $s_2 = 10$ з рівняння

$$\int_0^1 x \cdot \frac{\Gamma(s_1 + 10)}{\Gamma(s_1) \cdot \Gamma(10)} \cdot x^{s_1-1} \cdot (1-x)^9 = p_2. \quad (3)$$

З якого ми отримуємо

$$s_1 = 10 p_2 \cdot (1 - p_2). \quad (4)$$

Сезонні зміни рівня опірності моделюють за допомогою такої гармонічної функції:

$$p_3(i) = A \cdot \sin\left(2\pi \cdot \frac{i-151}{r}\right), \quad (5)$$

де i – номер поточного дня від моменту початку спостереження, $r = 365$, доданок – 151 забезпечує те, що саме кінець травня є тим моментом, коли сезонна “добавка” імунітету змінює свій знак з “–” на “+”. Амплітуда A моделюється як реалізація випадкової величини, що є квадратом нормально розподіленої випадкової величини з параметрами $\mu = 0,0028$; $\sigma = 0,001$.

Важливу роль у забезпеченні опірності організму до хвороб відіграє набутий специфічний імунітет. Для моделювання цього процесу обрано функцію

$$p_4(i) = B \cdot \exp\left(-\frac{(i-d)^2}{C}\right); \quad i \geq d. \quad (5)$$

Тут d – номер дня виникнення імунітету; (5) і (6) – реалізації випадкових величин зі щільностями $f_{N_2}(x;0,12;0,007)$ та $f_{N_2}(x;229,25968;15)$, відповідно. Як бачимо, загальний рівень опірності організму визначається функцією

$$I(i) = p_2^* + p_3(i) + p_4(i). \quad (7)$$

Функція $I(i)$ може набувати значень більших за 1, тому оцінку ймовірності захворювання в поточний день i вводять так:

$$P(i) = \begin{cases} 0, & I(i) \geq 1, \\ 1 - I(i), & I(i) < 1, \\ 1, & I(i) < 0. \end{cases} \quad (8)$$

2.2. ПОРІВНЯННЯ СЕРЕДНЬОЇ ОПІРНОСТІ ОРГАНІЗМУ ЗАХВОРЮВАННЯ ПО ОБЛАСТЯХ УКРАЇНИ

Оцінимо опірність організму хворобам для кожної з областей України. На базі статистичних даних наведених в [5] можемо отримати такі оцінки ймовірностей:

Таблиця 1

Спостереження по регіонах України

1	2	3	4	5
№ з/п	Область	p_1	p_2	s_1
1	Донецька	0,6392	0,9972	3575,1
2	Дніпропетровська	0,8486	0,9948	1928,6
3	Київ	0,9233	0,9929	1416,7
4	Харківська	0,7626	0,9960	2533,1
5	Львівська	0,8280	0,9951	2068,7
6	Одеська	0,7273	0,9964	2804,2
7	Луганська	0,5954	0,9975	4028,4
8	АР Крим	0,5421	0,9978	4667,7
9	Запорізька	0,5897	0,9975	4092,2
10	Київська	0,7351	0,9963	2742,5
11	Вінницька	0,8257	0,9952	2084,2
12	Полтавська	0,5965	0,9975	4016,5
13	Івано-Франківська	0,8702	0,9944	1782,4
14	Хмельницька	0,6558	0,9970	3417,7
15	Черкаська	0,7593	0,9961	2557,6
16	Житомирська	0,6388	0,9972	3579,4

1	2	3	4	5
17	Закарпатська	0,6343	0,9972	3623,2
18	Миколаївська	0,6542	0,9970	3431,3
19	Рівненська	0,7556	0,9961	2585,6
20	Сумська	0,5204	0,9979	4962,6
21	Чернігівська	0,7060	0,9966	2977
22	Херсонська	0,6377	0,9972	3589,6
23	Тернопільська	0,6887	0,9968	3122,7
24	Волинська	0,7340	0,9963	2751,4
25	Кіровоградська	0,6106	0,9974	3865,3
26	Чернівецька	0,6934	0,9967	3082,5
27	Севастополь	0,6007	0,9974	3970,6

Оскільки спостереження проводять паралельно в усіх регіонах, то, взагалі кажучи, на порівняння рівня опірності організму хворобам буде впливати лише величина p_2^* , яка моделюється β -розподілом.

За наведеними даними в таблиці можемо зробити висновок про рівень опірності організму хворобам по областях: найменший – Київ → Івано-Франківська → Дніпропетровська → Львівська → Вінницька → Харківська → Черкаська → Рівненська → Київська → Волинська → Одеська → Чернігівська → Чернівецька → Тернопільська → Хмельницька → Миколаївська → Донецька → Житомирська → Херсонська → Закарпатська → Кіровоградська → Севастополь → Полтавська → Луганськ → Запорізька → АР Крим → Сумська – найбільший. А це свідчить про те, що під час епідемії економіка м. Києва та Івано-Франківської області зазнає найбільших втрат.

2.3. ВПЛИВ ПРЕВЕНТИВНИХ ЗАХОДІВ НА ФІНАНСОВИЙ СТАН СТРАХОВОЇ КОМПАНІЇ

Подальший процес моделювання полягає в повторенні спостереження протягом заданої кількості років τ для певної кількості застрахованих осіб N із фіксацією виникнення захворювань як певних подій

Модель забезпечує вибір страховою компанією однієї із стратегій: без проведення превентивних заходів; одна вакцинація на рік; дві вакцинації; три вакцинації - повний курс профілактики. Позначимо ці стратегії через A_1, A_2, A_3, A_4 відповідно.

Згідно з даними, які подано в [7], якщо припустити, що компанія має $N = 1000$ застрахованих осіб і спостереження проводиться протягом $\tau = 2$ роки, отримуємо такі розрахунки:

Таблиця 2

Аналіз ризиків

Стратегія	A_1	A_2	A_3	A_4
Сумарні витрати	580442	366106	267579	304113
Приріст коштів	222783	437116	535643	499109
Захворюваність	97,5	48,4	16,9	8,9
Щомісячний страхов. внесок	34,55	34,55	34,55	34,55

З табл. 2 видно, що проведення превентивних заходів страховою компанією, призводить до зниження страхового ризику, що сприяє зменшенню обсягів страхових

виплат (перехід від стратегії A_1 до A_3 веде до зниження захворюваності майже в 5,8 раз, а приріст коштів також збільшується у 2,4 раз). Обчислення свідчать про те, що компанії вигідно проводити превентивні профілактичні заходи застрахованих.

2.4. ПРОГНОЗНА ОЦІНКА ФІНАНСОВОГО СТАНУ СТРАХОВОЇ КОМПАНІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ЛАНЦЮГІВ МАРКОВА

Наша мета – спрогнозувати фінансовий стан страхової компанії при виборі певної стратегії. Однією з можливих моделей розвитку таких процесів може бути модель, яка побудована на підставі використання ланцюгів Маркова, що описується матрицею перехідних ймовірностей.

Для зручності опису введемо позначення та наведемо визначення простого Марківського ланцюга.

Стохастичний об'єкт може перебувати в одному з n станів, ймовірності переходів від одного стану до іншого залежить тільки від попереднього стану об'єкта. Ймовірності переходів задаються матрицею перехідних ймовірностей

$$\mathfrak{R} = \begin{pmatrix} p_{11} & \dots & p_{1n} \\ \dots & \dots & \dots \\ p_{n1} & \dots & p_{nn} \end{pmatrix},$$

де p_{ij} – ймовірність переходу об'єкта зі стану i в стан j .

Для матриці перехідних ймовірностей правильні співвідношення

$$\sum_{j=1}^n p_{ij} = 1 (i = 1, \dots, n). \quad (8)$$

Якщо матриця \mathfrak{R} не змінюється протягом часу, то ланцюг називається однорідним [2].

Позначимо через $P_{ij}(n)$ ймовірність того, що внаслідок n кроків система перейде із стану i в стан j . Зауважимо, що при $n=1$ отримуємо перехідні ймовірності $P_{ij}(1) = p_{ij}$.

Тепер введемо в розгляд проміжний стан r і, знаючи перехідні ймовірності, можемо знайти $P_{ij}(n)$ за формулою

$$P_{ij}(n) = \sum_{r=1}^k P_{ir}(m) P_{rj}(n-m). \quad (9)$$

Прийнявши $n=2$, $m=1$ в (9), отримуємо

$$P_{ij}(2) = \sum_{r=1}^k p_{ir} p_{rj}. \quad (10)$$

Отож, за формулою (10) можна знайти всі ймовірності $P_{ij}(2)$ і саму матрицю \mathfrak{R}_2 . З цього випливає співвідношення в матричній формі $\mathfrak{R}_2 = \mathfrak{R}_1 \mathfrak{R}_1 = \mathfrak{R}_1^2$. В загальному випадку

$$\mathfrak{R}_n = \mathfrak{R}_1^n. \quad (11)$$

Розглянемо можливість застосування ланцюгів маркова на прикладі прогнозування прибутку страхової компанії.

Двоїстий характер діяльності страховиків дає їм змогу здійснювати інвестиційну діяльність, яка є похідною від основної страхової діяльності. Це зумовлено особливістю договорів страхування, яка передбачає можливість для

Наступний крок – перетворення змін у фінансовому стані так, щоб всі прирости та втрати коштів набули вигляду ймовірності переходів. Однак найбільш зручною формою математичних обчислень є все ж матриця перехідних ймовірностей [3].

Таблиця 4

Перехідні ймовірності

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>A</i>	$\left(C_{v_1} - \sum_{i=1}^4 k_{i1} \right) / C_{v_1}$	k_{12} / C_{b_1}	k_{13} / C_{w_1}	k_{14} / R_1
<i>B</i>	k_{21} / C_{v_1}	$\left(C_{b_1} - \sum_{i=1}^4 k_{i2} \right) / C_{b_1}$	k_{23} / C_{w_1}	k_{24} / R_1
<i>C</i>	k_{31} / C_{v_1}	k_{32} / C_{b_1}	$\left(C_{w_1} - \sum_{i=1}^4 k_{i3} \right) / C_{w_1}$	k_{34} / R_1
<i>D</i>	k_{41} / C_{v_1}	k_{42} / C_{b_1}	k_{43} / C_{w_1}	$\left(R_1 - \sum_{i=1}^4 k_{i4} \right) / R_1$

$$\mathfrak{R} = \begin{pmatrix} \frac{C_{v_1} - \sum_{i=1}^4 k_{i1}}{C_{v_1}} & \frac{k_{12}}{C_{b_1}} & \frac{k_{13}}{C_{w_1}} & \frac{k_{14}}{R_1} \\ \frac{k_{21}}{C_{v_1}} & \frac{C_{b_1} - \sum_{i=1}^4 k_{i2}}{C_{b_1}} & \frac{k_{23}}{C_{w_1}} & \frac{k_{24}}{R_1} \\ \frac{k_{31}}{C_{v_1}} & \frac{k_{32}}{C_{b_1}} & \frac{C_{w_1} - \sum_{i=1}^4 k_{i3}}{C_{w_1}} & \frac{k_{34}}{R_1} \\ \frac{k_{41}}{C_{v_1}} & \frac{k_{42}}{C_{b_1}} & \frac{k_{43}}{C_{w_1}} & \frac{C_{v_1} - \sum_{i=1}^4 k_{i4}}{R_1} \end{pmatrix}. \quad (14)$$

На завершення першого року виявили, що кількість грошей у *A, B, C, D* становить $C_{v_1}, C_{b_1}, C_{w_1}, R_1$, відповідно. Для підприємства видається важливим визначення фінансового стану в наступному періоді. Для обчислення ймовірних фінансових станів в період 2 треба матрицю ймовірностей переходів помножити на фінансовий стан у періоді 1:

$$\begin{pmatrix} \frac{Cv_1 - \sum_{i=1}^4 k_{i1}}{Cv_1} & \frac{k_{12}}{Cb_1} & \frac{k_{13}}{Cw_1} & \frac{k_{14}}{R_1} \\ \frac{k_{21}}{Cv_1} & \frac{Cb_1 - \sum_{i=1}^4 k_{i2}}{Cb_1} & \frac{k_{23}}{Cw_1} & \frac{k_{24}}{R_1} \\ \frac{k_{31}}{Cv_1} & \frac{k_{32}}{Cb_1} & \frac{Cv_1 - \sum_{i=1}^4 k_{i3}}{Cw_1} & \frac{k_{34}}{R_1} \\ \frac{k_{41}}{Cv_1} & \frac{k_{42}}{Cb_1} & \frac{k_{43}}{Cw_1} & \frac{Cv_1 - \sum_{i=1}^4 k_{i4}}{R_1} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} \frac{Cv_1}{E} \\ \frac{Cb_1}{E} \\ \frac{Cw_1}{E} \\ \frac{R_1}{E} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{Cv_2}{E} \\ \frac{Cb_2}{E} \\ \frac{Cw_2}{E} \\ \frac{R_2}{E} \end{pmatrix}. \quad (15)$$

Перевага цього методу – можливість дослідити зміни фінансових станів від періоду до періоду. Скориставшись співвідношенням (7), можемо отримати прогноз фінансового стану в період n

$$\begin{pmatrix} \frac{Cv_1 - \sum_{i=1}^4 k_{i1}}{Cv_1} & \frac{k_{12}}{Cb_1} & \frac{k_{13}}{Cw_1} & \frac{k_{14}}{R_1} \\ \frac{k_{21}}{Cv_1} & \frac{Cb_1 - \sum_{i=1}^4 k_{i2}}{Cb_1} & \frac{k_{23}}{Cw_1} & \frac{k_{24}}{R_1} \\ \frac{k_{31}}{Cv_1} & \frac{k_{32}}{Cb_1} & \frac{Cv_1 - \sum_{i=1}^4 k_{i3}}{Cw_1} & \frac{k_{34}}{R_1} \\ \frac{k_{41}}{Cv_1} & \frac{k_{42}}{Cb_1} & \frac{k_{43}}{Cw_1} & \frac{Cv_1 - \sum_{i=1}^4 k_{i4}}{R_1} \end{pmatrix}^n \times \begin{pmatrix} \frac{Cv_{n-1}}{E} \\ \frac{Cb_{n-1}}{E} \\ \frac{Cw_{n-1}}{E} \\ \frac{R_{n-1}}{E} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{Cv_n}{E} \\ \frac{Cb_n}{E} \\ \frac{Cw_n}{E} \\ \frac{R_n}{E} \end{pmatrix}. \quad (16)$$

Отриманий результат дає змогу оцінити компанії майбутній результат її роботи та прийняти ефективне виважене рішення щодо нього.

3. ВИСНОВКИ

Узагальнення та систематизація результатів дослідження за допомогою математичних методів і моделей дають змогу визначити області України, рівень опірності до хворіб в яких найменший, і відповідно до цього величина економічних втрат під час епідемії найбільша.

Зроблено спробу прогнозувати фінансовий стан страхової компанії за допомогою ланцюгів Маркова. Отримано результат, який дає підстави дослідити рух грошей у страховій компанії за певних умов.

Можемо розробити рекомендації щодо інвестиційної політики СМО. Отже, потрібна перебудова поглядів усіх відомств держави та суспільства загалом про роль ДМС у забезпеченні якісного медичного обслуговування, а страхових компаній у фінансуванні профілактичних заходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Богуславський Є. І.* Медичне страхування в Україні: проблеми та перспективи / Є. І. Богуславський, Ю. С. Шибалкіна // Зовнішня торгівля: право та економіка. – 2009. – Вип. 4. – С. 83-86.
2. *Гмурман В. Е.* Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособие для вузов / В. Е. Гмурман. – М.: Высш. шк., 1977. – 479 с.
3. *Кравченко В. Н.* Прогнозирование рыночных долей торговых марок / В. Н. Кравченко. – Режим доступа: <http://www.modeling.at.ua/publ/2-1-0-37>
4. *Новосельська Л. І.* Шляхи запровадження медичного соціального страхування в Україні / Л. І. Новосельська // Науковий вісник. – 2010. – Вип. 18. – С. 82-85.
5. Офіційний сайт Державного комітету статистики України. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>
6. *Плиса В. Й.* Страхування: навч. посібник / В. Й. Плиса. – Київ: Каравела, 2005. – 392 с.
7. *Ткаченко Н. В.* Моделювання превентивної діяльності страховика на прикладі добровільного медичного страхування / Н. В. Ткаченко, Н. Г. Нагайчук // Вісник Університету Банківської справи Національного банку України. – 2008. – Вип. 2. – С. 154-159.
8. *Яковенко Т. В.* Оцінка здоров'я населення України з позицій потенціальної демографії / Т. В. Яковенко // Методологія, теорія та практика соціологічного аналізу сучасного суспільства. – 2010. – Вип. 16. – С. 555-559.

Стаття: надійшла до редколегії 01.07.2013

доопрацьована 04.09.2013

прийнята до друку 25.09.2013

**ОЦЕНКА СРЕДНЕЙ СОПРОТИВЛЯЕМОСТИ ОРГАНИЗМА
ЗАБОЛЕВАНИЯМ ПО ОБЛАСТЯМ УКРАИНЫ И ПРОГНОЗНЫЕ
ОЦЕНКИ ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ СТРАХОВОЙ
КОМПАНИИ НА ПРИМЕРЕ ДМС**

І. Кушнір, Я. Елейко

*Львовский национальный университет имени Ивана Франко,
ул. Университетская, 1, Львов, 79000, e-mail: kushnir.iruna@gmail.com*

Осуществлен анализ современного состояния отечественного рынка добровольного страхования, определены основные проблемы данной отрасли в современных условиях и выделены наиболее оптимальные направления дальнейшего развития и совершенствования. С помощью методов математического моделирования проведен сравнительный анализ заболеваемости населения по областям Украины. Используя цепи Маркова, получен результат, что позволяет прогнозировать финансовое положение в условиях неопределенности.

Ключевые слова: добровольное медицинское страхование, функция сопротивляемости организма заболеваниям, цепь Маркова, матрица переходных вероятностей.

**ESTIMATES OF MEAN RESISTANCE TO DISEASE BY AREA
OF UKRAINE AND FORWARD-LOOKING ASSESSMENT OF FINANCIAL
CONDITION OF THE INSURANCE COMPANY FOR EXAMPLE
VOLUNTARY HEALTH INSURANCE**

I. Kushnir, Y. Eleyko

*Ivan Franko National University of Lviv,
Universytetska Str., 1, Lviv, 79000, e-mail: kushnir.iruna@gmail.com*

This article analyzes the current state of national voluntary insurance market, the main problems of the industry in today's and singles out the most appropriate areas for further development and improvement. With the help of mathematical modeling of a comparative analysis of morbidity in areas of Ukraine. Using Markov chains, the results so that you can predict the financial situation under uncertainty.

Key words: voluntary health insurance, feature resistance to disease, Markov chain, the matrix of transition probabilities.