

УДК 529.87: [656.212.6/9 + 656.225]

МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ЗАХВОРЮВАНЬ ВІД ВПЛИВУ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН, ЯКИЙ БАЗУЄТЬСЯ НА МОДЕЛІ НЕСИЛОВОЇ ВЗАЄМОДІЇ

М. М. Олексієнко

Изложен новый метод прогнозирования заболевания населения по содержанию вредных веществ в водных ресурсах региона. Метод базируется на использовании математической модели несилового взаимодействия в естественных системах. Разработанный и описанный в статье метод может быть использован в медико-экологических исследованиях, а результаты его применения – в качестве базовой информации для управления качеством окружающей среды

1. Вступ

Для системи екологічного управління характерні загально методологічні принципи, методи, функції, моделі і структури визначення раціональної множини дій, які необхідно виконати для покращення екологічної ситуації в країні чи регіоні, що в свою чергу позитивно впливатиме на здоров'я населення. Усе це разом створює складні багатоваріантні і динамічні механізми управління, які забезпечують взаємодію компонентів і чинників систем управління (державних, корпоративних, підприємницьких), що є складовою частиною загальної системи управління, від ефективності якої залежить результат діяльності (якщо це підприємство або організація) або стан (якщо це компонент навколишнього середовища) об'єкту управління [1, 2].

Вихідними положеннями для проектування механізму управління є конкретний об'єкт управління і мета трансформування стану або функціонування об'єкту. Механізм управління повинен містити наступні компоненти [3]:

- цілі управління;
- кількісний аналог цілей – критерії управління;
- чинники управління – внутрішні і зовнішні, тобто системні елементи об'єкту управління та їхні зв'язки, на які спрямовані управлінські процесні дії в інтересах досягнення визначених цілей;
- методи управління;

- об'єкт управління;
- ресурси управління.

Цілі екологічного управління формуються на стадії створення систем управління. Після цього конструюється структура системи управління, визначаються системні функції, які мають забезпечити розв'язання цільових задач. Поява нових цілей управління потребує перебудови структури системи – введення нових елементів, організації нових зв'язків, забезпечення нових функцій. Здатність системи управління швидко перебудуватись для досягнення нових цілей характеризує її динамічність, маневреність, ефективність щодо забезпечення потреб і безпеки держави, реагування на зміну геоекологічної ситуації.

Однією із головних цілей екологічного управління є такий вплив на геоекологічну ситуацію, який призводить до зниження рівня захворюваності населення. Адже здоров'я населення – це головна цінність держави. Для цього потрібно навчитися передбачати вплив екологічної ситуації в країні на стан здоров'я населення. А потім змінювати її на краще. Саме ця покладена в основу даної роботи.

2. Основна частина

Для передбачення впливу екологічної ситуації в країні на стан здоров'я населення використаємо математичну модель несилової взаємодії в природних системах

[4]. Ця модель дозволить визначити числові значення залежності між шкідливими факторами природного середовища і вихідними оцінками впливу цих факторів на здоров'я населення. В якості вхідних параметрів використаємо значення вмісту шкідливих речовин у водних ресурсах та статистику захворювань певного регіону. Введемо числову міру залежності між об'єктами наведених категорій. За міру залежності між шкідливими речовинами та ризиками для здоров'я населення приймемо кількість захворювань на 10000 населення.

Представимо вхідну інформацію в табличному вигляді (табл.1).

Таблиця 1

Оцінка залежності між шкідливими речовинами та ризиками для здоров'я населення

Вміст шкідливих речовин	Види захворювання					
	r ₁	r ₂	.....	r _j	.....	r _d
A _i	p11	p12	.....	p1j	.....	p1d
.....
A _i	pi1	pi2	.....	pij	.....	pid
.....
A _z	pz1	pz2	.....	pzj	.....	pzd

Позначення:

A_i = < a_{i1}, a_{i2}, ..., a_{iy}, ..., a_{iK} > - вміст шкідливих речовин при i-му замірі;

r_j - вид захворювання (діагноз);

p_{ij} - кількість захворювань за рік на 10000 населення (ризик захворювання).

Вміст шкідливих речовин представляється кортежем, кожен член якого визначає вміст однієї з речовин:

$$A_i = \langle a_{i1}, a_{i2}, \dots, a_{iy}, \dots, a_{iK} \rangle,$$

де a_{iy} - вміст шкідливої речовини C_y при i-му замірі

Для використання в методі прогнозування впливу шкідливих речовин на здоров'я математичної моделі несилвої взаємодії перейдемо від безперервного розподілу значень вмісту шкідливих речовин та рівня захворюваності до дискретного. Для цього задамося інтервалами вмісту шкідливих речовин (табл.2) та інтервалами захворюваності (табл.3).

Таблиця 2

Дискретизація значень вмісту шкідливих речовин

№ вмісту шкідливих речовин (с)	Min	<Max
1	a _{min}	a _{min} + a ₀
2	a _{min} + a ₀	a _{min} + 2a ₀
3	a _{min} + 2a ₀	a _{min} + 3a ₀
.....
k	a _{min} + (k-1) a ₀	a _{min} + ka ₀
.....
L	a _{min} + (L-1)a ₀	a _{min} + La ₀

Позначення:

a_{min} - мінімальне значення вмісту шкідливої речовини, яке є в ряді a₁, a₂, ..., a_z (табл.1); a₀ - крок дискретизації (величина інтервалу вмісту шкідливих речовин) (вибирається довільно виходячи із зручної кількості інтервалів L).

Таблиця 3

Дискретизація ризиків захворювання

№ ризику захворювання (b)	Min	<Max
1	p _{min}	p _{min} + p ₀
2	p _{min} + p ₀	p _{min} + 2p ₀
.....
l	p _{min} + (l-1) p ₀	p _{min} + lp ₀
.....
X	p _{min} + (d-1)p ₀	p _{min} + dp ₀

Тоді таблицю 1 можна записати в новому вигляді (табл. 4).

Таблиця 4

Дискретна оцінка залежності між шкідливими речовинами та ризиками для здоров'я населення

Вміст шкідливих речовин	Види захворювання					
	r ₁	r ₂	.....	r _j	.....	r _d
< x ₁₁ , x ₁₂ , ..., x _{1y} , ..., x _{1K} >	f ₁₁	f ₁₂	.....	f _{1j}	.....	f _{1d}
.....
< x _{i1} , x _{i2} , ..., x _{iy} , ..., x _{iK} >	f _{i1}	f _{i2}	.....	f _{ij}	.....	f _{id}
.....
< x _{z1} , x _{z2} , ..., x _{zy} , ..., x _{zK} >	f _{z1}	f _{z2}	.....	f _{zj}	.....	f _{zd}

Вплив вмісту шкідливих речовин на ризики захворювання оцінимо виходячи з моделі несилвої дії. Інформаційну дію можна записати виходячи із оцінки умовних та абсолютних ймовірностей [4]:

$$p(f_{ij} = b_j / x_{iy} = c_k) = \frac{\sum_{i=1}^z \alpha(f_{ij} = b_j, x_{iy} = c_k) + 1}{\sum_{i=1}^z \beta(x_{iy} = c_k) + 2} ;$$

$$p(f_{ij} = b_j) = \frac{\sum_{i=1}^z \gamma(f_{ij} = b_j) + 1}{z + 2} ,$$

$$\text{де: } \alpha(f_{ij} = b_j, x_{iy} = c_k) = \begin{cases} 1, & \text{O I } > f_{ij} = b_j \wedge x_{iy} = c_k \\ 0, & \text{O I } > f_{ij} \neq b_j \vee x_{iy} \neq c_k ; \end{cases}$$

$$\gamma(f_{ij} = b_j) = \begin{cases} 1, & \text{O I } > f_{ij} = b_j \\ 0, & \text{O I } > f_{ij} \neq b_j ; \end{cases}$$

$$\beta(x_{iy} = c_k) = \begin{cases} 1, & \text{O I } > x_{iy} = c_k \\ 0, & \text{O I } > x_{iy} \neq c_k . \end{cases}$$

Тоді оцінку впливу однієї шкідливої речовини на ризик захворювання можна отримати із формули [4]:

$$i(f_{sj} = b_l / x_{sy} = c_k) = \pm 0.5 \cdot \sqrt{\frac{p(f_{sj} = b_l / x_{sy} = c_k)}{(1-p(f_{sj} = b_l / x_{sy} = c_k))} + \frac{(1-p(f_{sj} = b_l / x_{sy} = c_k))}{p(f_{sj} = b_l / x_{sy} = c_k)}} - 2$$

$$i(f_{sj} = b_l) = \pm 0.5 \cdot \sqrt{\frac{p(f_{sj} = b_l)}{(1-p(f_{sj} = b_l))} + \frac{(1-p(f_{sj} = b_l))}{p(f_{sj} = b_l)}} - 2$$

де: $i(f_{sj} = b_l / x_{sy} = c_k)$ - кількість інформації про захворювання r_j із значенням b_l , яка є в значенні вмісту шкідливої речовини $x_{sy} = c_k$,
 $i(f_{sj} = b_l)$ - кількість інформації про захворювання r_j із значенням b_l , яка є в системі.

Задача прогнозування захворюваності населення формулюється таким чином: якщо в ході екологічного управління визначена деяка нова комбінація шкідливих речовин $a_{\omega} = \langle a_{\omega 1}, a_{\omega 2}, \dots, a_{\omega y}, \dots, a_{\omega k} \rangle$, то необхідно виконати інформаційну оцінку ризиків по всім видам захворювання. Для цього необхідно оцінити "величину спільного впливу" шкідливих речовин на кожен з ризиків. Таку оцінку ризиків розрахуємо виконавши наступні дії.

1. Перейдемо від безперервних до дискретних значень вмісту речовин:

$$\langle a_{\omega 1}, a_{\omega 2}, \dots, a_{\omega y}, \dots, a_{\omega k} \rangle \Rightarrow \langle c_{\omega 1}, c_{\omega 2}, \dots, c_{\omega y}, \dots, c_{\omega k} \rangle$$

$$\text{де: } (c_{\omega y} - 1) \cdot a_0 \leq a_{\omega y} < c_{\omega y} \cdot a_0$$

2. Величина впливу визначається за величиною відхилення $i(f_{sj} = b_l / x_{sy} = c_{\omega y})$ від $i(f_{sj} = b_l)$ і свідчить про "цінність" інформації, що відображає вміст шкідливої речовини. Ця величина буде обчислюватися за формулою [4]:

$$\forall r_j \quad 1 \leq j \leq d \quad \forall b_l \quad 1 \leq l \leq X: i^*(f_{oj} = b_l / x_{oy} = c_{\omega y}) =$$

$$= i(f_{sj} = b_l / x_{oy} = c_{\omega y}) \cdot \sqrt{i^2(f_{sj} = b_l) + 1} - i(f_{sj} = b_l) \cdot \sqrt{i^2(f_{sj} = b_l / x_{oy} = c_{\omega y}) + 1} \quad E = \frac{V_{\text{фактичне}}}{V_{\text{теоретичне}}}$$

3. Розрахунок спільної дії шкідливих речовин на ризики [4]:

$$\forall r_j \quad 1 \leq j \leq d \quad \forall b_l \quad 1 \leq l \leq X: i^*(f_{oj} = b_l) = \sum_{y=1}^K i^*(f_{oj} = b_l / x_{iy} = c_{\omega y})$$

4. Розрахунок нового значення інформаційної визначеності ризиків [4]:

$$\forall r_j \quad 1 \leq j \leq d \quad \forall b_l \quad 1 \leq l \leq X: I(f_{oj} = b_l) = i(f_{ij} = b_l) \cdot \sqrt{i^2(f_{oj} = b_l) + 1} + i^*(f_{oj} = b_l) \cdot \sqrt{i^2(f_{oj} = b_l) + 1}$$

Вирішальне правило вибору:

$$r_j \quad 1 \leq j \leq d : I(f_{wj} = b_{mj}) = \max_{l \in l \in X} (I(f_{wj} = b_l)) \quad (1)$$

Отримані значення із виразу (1) являють собою дискретні величини ризику для здоров'я населення. Виходячи з рівнів дискретизації можна визначити прогнозований інтервал захворюваності населення

$$\forall r_j \quad 1 \leq j \leq d: p_{\min} + (m_j - 1) \cdot p_0 \leq p_{oj} \leq p_{\min} + m_j \cdot p_0$$

Рішенням сформульованої задачі є спільна оцінка можливого ризику захворюваності населення за даними вмісту шкідливих речовин.

Для підтвердження ефективності розробленого методу було проведено експериментальні дослідження. В експерименті використовувались вхідні дані - показники забруднення водних ресурсів та показники захворюваності населення в м. Черкаси за період 1993-2003 років. Використовуючи наведений метод було отримано порівняльні ряди дискретних значень: прогнозована і фактична захворюваність дорослого населення. Для оцінки ефективності методу розраховувалось середньоквадратичне відхилення прогнозованих номерів груп рівня захворюваності, від фактичних за формулою:

$$V_{\text{фактичне}} = \sum_{i=1}^{K^{\max}} (N_i^{\text{факт}} - N_i^{\text{прогн}})^2$$

де $N_i^{\text{факт}}$ - номер групи фактичної і-ї захворюваності; $N_i^{\text{прогн}}$ - номер групи прогнозованої і-ї захворюваності; $V_{\text{фактичне}}$ - фактична сума середньоквадратичних відхилень; K^{\max} - кількість захворювань.

Було отримано математичне очікування середньоквадратичного відхилення:

$$V_{\text{теоретичне}} = \sum_{i=1}^{K^{\max}} \left(\frac{1}{K} \cdot \sum_{j=1}^K (N_i^{\text{факт}} - j)^2 \right) = \frac{1}{K} \cdot \sum_{i=1}^{K^{\max}} \left(\sum_{j=1}^K (N_i^{\text{факт}} - j)^2 \right)$$

де K - кількість груп захворювань.

Ефективність прогнозування захворювання оцінювалась по відношенню середньоквадратичного відхилення до математичного очікування середньоквадратичного відхилення:

де E - ефективність прогнозування захворювань. Тоді ефективним виглядатиме прогноз, для якого

$$\sum_1 E_1 \rightarrow \min$$

де E_1 - ефективність прогнозування захворювань по групі вхідних статистичних даних l .

3. Обговорення результатів досліджень

В результаті проведених експериментів отримано результати, які представлено в таблиці 5 і графіку (рис.1).

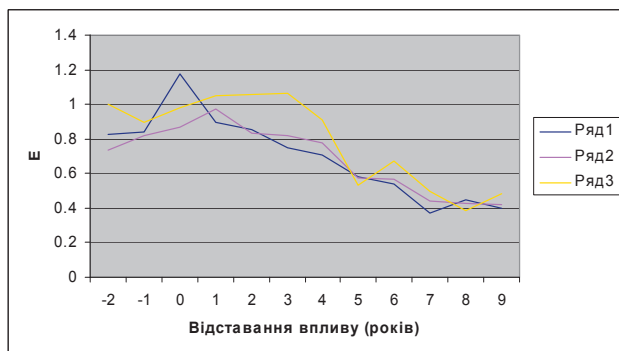
З експериментів слідує, що розроблений метод дозволяє довести існування досить значної залежності рівня захворювань від вмісту шкідливих речовин, яка збільшується і досягає максимуму через 8 років. Ця залежність спостерігається як для захворювань дітей так і дорослого населення.

Крім того інформаційна система, що розроблена на основі даного методу досить точно прогнозує рівень захворюваності населення при апріорних даних, якими є вміст шкідливих речовин в водних ресурсах.

Таблиця 5

Ефективність прогнозування захворюваності населення від вмісту шкідливих речовин

Відставання (років)	Кількість груп дискретизації вхідних даних		
	3	5	10
	Е	Е	Е
-2	1.211	1.222	1.077
-1	1.237	1.335	1.099
0	1.253	1.294	1.251
1	1.042	1.054	1.148
2	1.002	0.902	1.003
3	0.776	0.739	0.912
4	0.715	0.638	0.653
5	0.692	0.622	0.570
6	0.536	0.408	0.528
7	0.509	0.593	0.584
8	0.440	0.324	0.362
9	0.465	0.538	0.534
10	2.901	2.155	1.767



- - залежність при кількості груп дискретизації вхідних даних 10.
- - залежність при кількості груп дискретизації вхідних даних 3.
- - залежність при кількості груп дискретизації вхідних даних 5.

Рисунок 1. Залежність ефективності прогнозування захворюваності дорослого населення від кількості років, які пройшли після забруднення

4. Висновки

Наукова новизна отриманих результатів заключається в розробці нового методу прогнозування захворюваності населення в залежності від вмісту шкідливих речовин у водних ресурсах регіону, що базується на використанні математичної моделі несилової взаємодії в природних системах.

Практична цінність полягає в подальшому використанні описаного методу в медико-екологічних дослідженнях для ефективного управління якістю навколишнього середовища.

Література

1. Шевчук В. Я., Саталкін Ю.М., Білявський Г.О. Екологічне управління. Київ: Либідь, 2004. - 432с
2. Алексеев С.В. Социально-этическая концепция маркетинга//Эколого-экономическое управление и планирование в региональных и городских системах. М., 2001, с. 13-14.
3. Балашов В.Г., Заложнев А.Ю., Новиков Д.А. Механизмы управления организационными проектами. М.: ИПУ РАН, 2003.- 84 с.
4. Тесля Ю.Н. Несиловое взаимодействие. Монография. Киев: «Кондор», 1995.- 196 с.