

КИЇВСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім. Тараса ШЕВЧЕНКА

УДК (51.7+681.3):613.6

На правах рукопису

РУСАКОВА

Людмила Трохимівна

МЕТОДИ ТА АЛГОРИТМИ
АНАЛІЗУ ЧИННИКІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЗДОРОВ'Я,
В ГІГІЄНИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Спеціальність: 05.13.02 - Математичне моделювання
в наукових дослідженнях

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т
дисертації
на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

КИЇВ - 1995



00778082 (W)

Робота виконана в Укр
центрі МОЗ України.

Наукові керівники:

доктор фізико-математичних наук, професор
доктор біологічних наук

АНІСІМОВ В.В.,
АНТОМОНОВ М.Ю.

Офіційні опоненти:

доктор фізико-математичних наук
кандидат технічних наук

ОСТАПЕНКО В.В.,
ХАРЧЕНКО І.І.

Провідна установа:

Інститут епідеміології та профілактики променевих уражень
Наукового центру радіаційної медицини АМН України

Захист відбудеться "27" 04 1995 р. о 14⁰⁰
годині на засіданні Спеціалізованої Ради Д.01.01.20 при
Київському університеті ім. Тараса Шевченка за адресою:
252127, Київ, пр. Глушкова, 2, корпус № 6.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці
Київського університету за адресою: 252033, Київ, вул.
Володимирська, 60.

Автореферат розісланий "27" 03 1995г.

Вчений секретар Спеціалізованої Ради,
кандидат фізико-математичних наук

ЗІНЬКО П.М.

ЛННБ ім. В. Стефаніка
АН України

ДВ-32.25

Актуальність проблеми. В нинішній час охороні навколишнього середовища та пов'язаній з нею проблемі захисту навколишнього середовища від шкідливої дії антропогенних чинників надається першочергова увага. Соціальне замовлення науки на вирішення цих питань визначається очевидним та повсюдним погіршенням якості середовища проживання людини та здоров'я населення України, що привело до констатації ситуації, яка склалася, як ситуації екологічного лиха. Основна роль в розробці та здійсненні заходів з охорони та поліпшення здоров'я населення належить гігієні навколишнього середовища. Ефективність запропонованих гігієнічних рекомендацій в значній мірі визначається методичним та теоретичним рівнем гігієнічних досліджень, глибиною та якістю математичних методів, які використовуються для їх аналізу.

Однак, застосування математичного апарату в гігієнічних дослідженнях вкрай утруднено в основному внаслідок складності самого об'єкту дослідження.

Найбільш актуальною гігієнічною проблемою є виявлення впливу чинників на здоров'я та визначення їх критичних, порогових та підпорогових рівнів при ізольованій та сумісній дії, які гарантують непогіршення стану біосистеми. Найбільш вивченим (хоч і він досить критикується) є процес виявлення цих критичних величин в експериментальних умовах на піддослідних тваринах при ізольованій дії шкідливої речовини. При цьому за безпечний рівень береться максимально недіючий з обмеженої кількості використаних в експерименті рівнів, який характеризується низькою вірогідністю; перенесення результатів дослідження з тварин на людину виконується за допомогою коефіцієнтів запасу, вибір яких недостатньо формалізований. У випадку вивчення сумісної дії чинників завдання значно ускладнюється через різке підвищення вартості та тривалості експериментального дослідження.

Це визначає необхідність використання математичного та програмного забезпечення для аналізу впливу шкідливих

чинників та розрахунку їх критичних рівнів за результатами натурних та експериментальних досліджень.

Вкрай важливим при вирішенні даної проблеми є визначення класу нелінійних математичних моделей для описання реакції біосистеми на зовнішню дію за даними залежності типу "дія - час - ефект"; розробка алгоритмів початкової ідентифікації та уточнення параметрів цих моделей; розробка методів аналізу впливу здоров'яформуючих чинників та розрахунку їх критичних рівнів.

Дослідження, які увійшли в дисертаційну роботу, виконувались здобувачем в Українському науковому гігієнічному центрі МОЗ України як відповідальним виконавцем в таких НДР (№ Держреєстрації: 01890037492, 01850007489, VA01002659P, VA01002640P, VA01002646P).

Мета та завдання роботи. Метою роботи є розробка математичних методів та алгоритмів комп'ютерного аналізу впливу шкідливих чинників на стан біосистеми за результатами гігієнічних досліджень.

Для досягнення мети роботи необхідно вирішити такі основні завдання:

- розробити моделі та алгоритми аналізу залежності типу "дія - час - ефект" за даними експериментальних досліджень в умовах високорівневого впливу;

- розробити моделі та алгоритми аналізу залежності типу "дія - час - ефект" за даними натурних досліджень в умовах низькорівневого впливу;

- розробити методи розрахунку критичних рівнів впливу чинників навколишнього середовища на стан біосистеми за результатами експериментальних та натурних гігієнічних досліджень;

- розробити алгоритми розрахунку основних розподілів математичної статистики (Стьюдента, Фішера);

- розробити, апробувати та впровадити в практику проблемно-орієнтований комплекс програм для аналізу впливу здоров'яформуючих чинників на стан біосистеми за результатами гігієнічних досліджень.

Наукова новизна роботи:

- для описання біолого-гігієнічних залежностей вперше запропоновано та обгрунтовано клас суттєво нелінійних за параметрами математичних моделей експоненціального, S-подібного (для опису залежностей типу "дія - ефект") та унімодального виду (для опису залежностей типу "час - ефект");

- вперше розроблено методи початкової ідентифікації параметрів нелінійних моделей експоненціального, S-подібного та унімодального виду;

- розроблено математичні методи розрахунку критичних, порогових та підпорогових рівнів здоров'яформуючих чинників при їх ізолюванні, комбінованій та сумісній дії;

- запропоновано рекурентні алгоритми розрахунку основних розподілів математичної статистики (Стьюдента, Фішера);

- розроблено, апробовано та впроваджено в практику проблемно-орієнтований комплекс для аналізу впливу здоров'яформуючих чинників на стан біосистеми.

Основні положення, які виносяться на захист.

1. Розроблені математичні моделі для опису залежності типу "дія - ефект" та "час - ефект", які мають відповідно експоненціальний, S-подібний та унімодальний вигляд і для оцінки параметрів використовують методи прикладної статистики та обчислювальної математики, дозволяють адекватно описувати результати гігієнічних досліджень з метою виявлення впливу чинників на стан біосистеми.

2. Математичні алгоритми розрахунку критичних рівнів здоров'яформуючих чинників при їх ізолюванні та сумісній дії, які використовують ідею зображення ефекту в імовірному вигляді та побудову нелінійних моделей спеціального виду, дозволяють вираховувати порогові та підпорогові рівні шкідливої дії за результатами натурних та експериментальних гігієнічних досліджень.

3. Проблемно-орієнтований комплекс аналізу складної системи "середовище - здоров'я" дозволяє в автоматизованому

режимі за результатами еколого-гігієнічних досліджень виявляти основні закономірності впливу здоров'яформуючих чинників, визначати надійність гігієнічних нормативів та аналізувати екологічну ситуацію.

Практична значимість полягає у можливості (за допомогою розроблених методів, алгоритмів та програм) оптимізації проведення гігієнічних досліджень з метою поліпшення здоров'я населення, виявлення впливу здоров'яформуючих чинників, визначення їх критичних рівнів та оперативного аналізу еколого-гігієнічної ситуації різних регіонів України.

Практична цінність наукових досліджень, виконаних у рамках даної роботи, підтверджена такими впровадженнями.

Матеріали роботи використано при підготовці методичних рекомендацій.

1. Оценка влияния загрязнения атмосферного воздуха канцерогенными полициклическими углеводородами на заболеваемость злокачественными новообразованиями органов дыхания, К., 1987.

2. Математична обробка результатів медико-біологічних досліджень, К., 1995 (в друці).

За результатами досліджень підготовлено такі інформаційні листи:

1. Интегральная характеристика воздействия факторов окружающей среды на население. К., 1987.

2. Рекомендации по расчету интегральной функции состояния здоровья. К., 1989.

3. Методические подходы к изучению заболеваемости сельского населения в местах интенсивного применения пестицидов и удобрений. К., 1990.

4. Методические подходы к прогнозированию показателей качества питьевой воды и здоровья населения. К., 1992.

5. Программно-алгоритмический комплекс МАГ для обработки результатов эколого-гигиенических исследований. К., 1993.

Пакет програм, розроблений для аналізу системи

"середовище - здоров'я", використовується для обробки гігієнічних даних у містах: Київ, Краматорськ, Маріуполь, Красноперекіпськ, Армянськ, Рубіжне, Орджонікідзе, Марганець, Миколаїв, Одеса, Сімферополь.

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на 29 наукових конференціях, нарадах, симпозиумах, в тому числі : Всесоюзній конференції "Проблеми оцінки функціональних можливостей людини і прогнозування здоров'я" (Москва, 1985), XI та XII з'їздах гігієністів України (Київ, 1986, Одеса, 1991), Всесоюзній науковій конференції "Проблеми моніторингу за здоров'ям населення промислових міст" (Ангарськ, 1989), Всесоюзній конференції "Актуальні проблеми гігієнічного нормування хімічних факторів в об'єктах навколишнього середовища" (Перм, 1989), науково-практичній конференції "Метагігієна" (Київ, 1993, 1994), міжнародному симпозиумі "Environmental Hazards in Central and Eastern Europe" (Польща, Сосновіці, 1994), на засіданнях кафедри прикладної статистики Київського університету ім. Тараса Шевченка тощо.

Структура та обсяг роботи. Дисертація вміщує вступ, чотири розділи, висновки, список літератури та додаток. Викладена на 142 стор. машинописного тексту, вміщує 5 малюнків та 45 таблиць. Список літератури включає 197 джерел, з них 38 іноземних.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність проблеми, її новизна, практична значимість та цінність, сформульовано мету та завдання дослідження, положення, які виносяться на захист.

У розділі 1 "Аналіз досліджень шкідливих чинників навколишнього середовища на біосистеми та можливості їх математичного та програмного забезпечення" узагальнено та проаналізовано понад 180 вітчизняних та зарубіжних джерел з даної проблеми.

Дано аналіз можливостей використання існуючого математичного та комп'ютерного апарату для вияву впливу здоров'яформуючих чинників в гігієнічних дослідженнях та практиці їх використання в службах практичної охорони здоров'я, зокрема при проведенні моніторингу за станом здоров'я та якістю навколишнього середовища. Показано, що незважаючи на величезні можливості сучасної прикладної математики, практика їх використання у гігієнічних дослідженнях вкрай незадовільна, відсутні відпрацьовані технології математичного та комп'ютерного забезпечення, які б відповідали завданням та меті гігієнічного дослідження. Так, наприклад, в АДІС (автоматизованій державній інформаційній системі) – найбільш потужним засобом моніторингу за системою "середовище – здоров'я" – застосований математичний апарат обмежується досить елементарними операціями класичного лінійного регресійного та парного кореляційного аналізу.

У розділі доведено необхідність розробки проблемно-орієнтованих алгоритмів та комп'ютерних методів аналізу впливу здоров'яформуючих чинників на стан біосистеми.

Розділ 2 "Елементи математичної обробки даних натурних та експериментальних гігієнічних досліджень" носить теоретичний характер і вміщує авторські розробки (вибір класу нелінійних регресійних моделей, методи початкової ідентифікації та уточнення параметрів цих моделей, алгоритми розрахунку основних розподілів математичної статистики) для вирішення завдання аналізу впливу здоров'яформуючих чинників, а також основні стандартні та адаптовані до специфіки гігієнічних досліджень методи прикладної статистики (дисперсійний, кореляційний, регресійний та факторний аналіз).

Вперше запропоновано для описання реакції біосистеми на зовнішню шкідливу дію в умовах високорівневого впливу клас суттєво нелінійних моделей експоненціального, S-подібного та унімодального виду. Вибір класу нелінійних функцій базується

на методах структурно-функціонального моделювання, компартментального аналізу та системних уявлень про організацію біопроектів.

Основні нелінійні математичні моделі унімодального виду, запропоновані для описання результатів експериментальних досліджень за даними залежності типу "час - ефект" при $t > 0$, мають вигляд:

$$y = 2h^2 t e^{-h^2 t^2}; \quad (1)$$

$$y = 2h^2 (t-t_0) e^{-h^2 (t-t_0)^2}; \quad (2)$$

$$y = Nkt^{N-1} e^{-kt^N}; \quad (3)$$

$$y = NK (t-t_0)^{N-1} e^{-k(t-t_0)^N}; \quad (4)$$

де y - показник, що реєструється, який характеризує стан біосистеми; t - час; t_0 - параметр, який ідентифікується та відображає фазу запізнення реакції біосистеми; h , N , K - невідомі параметри, які характеризують інтенсивність процесу.

Для описання зміни ефекту при зміні інтенсивності зовнішньої дії ($x > 0$) за даними залежності типу "дія - ефект" запропоновано експоненціальні та S -подібні моделі виду:

$$y = y_{\infty} (1 - e^{-\alpha x}); \quad (5)$$

$$y = y_{\infty} (1 - e^{-\alpha(x-x_0)}); \quad (6)$$

$$y = (y_{\infty} - y_0)(1 - e^{-\alpha x}) + y_0; \quad (7)$$

$$y = y_{\infty} (1 - e^{-\alpha x^p}); \quad (8)$$

$$y = y_{\infty} (1 - e^{-\alpha(x-x_0)^p}); \quad (9)$$

$$y = (y_{\infty} - y_0)(1 - e^{-\alpha x^p}) + y_0; \quad (10)$$

де x - здоров'яформуючий чинник; y - реакція біосистеми; $y_0, y_{\infty}, x_0, \alpha, p$ - параметри, що ідентифікуються та являють собою: y_{∞} - рівень насиченості процесу; x_0 - рівень дії, при перевищенні якого рееструється ненульовий ефект; y_0 - значення ефекту при нульовій дії (фонове значення реакції біосистеми); α, p - параметри, які відображають інтенсивність процесу.

Несумнівною перевагою даного класу нелінійних (базисних) моделей є можливість змістовної біологічної трактовки параметрів в кожному окремому випадку, оптимальна складність та висока прогностична здатність.

При розрахунку початкових наближень параметрів використовуються допоміжні моделі з наступним аналізом та співставленням характерних точок базисної та допоміжної моделі, а також метод лінеаризації.

Так, наприклад, початкові наближення параметрів унімодалної моделі виду (4) обчислюються таким чином.

1. Початкове наближення параметру t_0 ($t_0^{(0)}$) обчислюється чисельними методами як розв'язок рівняння $y(t)=0$, де y - допоміжна модель виду:

$$\tilde{y} = \sum_{i=0}^k a_i t^i; \quad (11)$$

\tilde{y} - ефект біосистеми; t - час; a_i - параметри, які ідентифікуються; k - фіксований параметр моделі, який поєднує в собі властивості мінімального рівня складності моделі та її максимальної адекватності.

2. Рівняння для початкового оцінювання параметру N ($N^{(0)}$) виводиться з припущення наближеної рівності точки максимуму, обчисленої аналітичним методом для функції (4), та наближеними методами для допоміжної функції виду (11). Це рівняння має такий вигляд:

$$\frac{e^{\frac{1}{N}-1}}{t_* - t_0^{(0)}} = (N-1) = \tilde{y}_* ; \quad (12)$$

де $(\tilde{t}_*, \tilde{y}_*)$ - точка максимуму, обчислена за допоміжною моделлю.

В області $N > 0$ функція є монотонно зростаючою. Розв'язуючи рівняння (12) методом Ньютона, визначаємо значення $N^{(0)}$.

3) Початкова оцінка параметру K ($K^{(0)}$) формується в припущенні наближеної рівності значення t_* за якого досягається максимум функцій (4), (11); таким чином:

$$K^{(0)} = \frac{N^{(0)} - 1}{N^{(0)} (\tilde{t}_* - t_0^{(0)})^{N^{(0)}}}. \quad (13)$$

Процедуру оцінювання початкових наближень параметрів експоненціальних та S - подібних моделей виду (5) - (10) розглянемо на прикладі моделі виду (9).

1. Побудуємо допоміжні моделі виду :

$$x = \exp \left[\sum_{i=0}^k a_i y^i \right]; \quad (14)$$

$$y = \exp \left[\sum_{i=0}^k \frac{b_i}{x^i} \right]; \quad x > 0; \quad (15)$$

де a_i, b_i - параметри, що визначаються; k - заданий параметр складності моделі.

Тоді за початкове наближення параметру x_0 ($x_0^{(0)}$) береться значення $\exp(a_0)$, а за початкове наближення y_∞ ($y_\infty^{(0)}$) виступає величина $\exp(b_0)$.

3. Початкові оцінки параметрів α ($\alpha^{(0)}$) та p ($p^{(0)}$) визначаються за лінеаризованою моделлю виду:

$$\tilde{y} = \tilde{a}_0 + \tilde{a}_1 \tilde{x}; \quad (16)$$

де:

$$\tilde{y} = \ln (\ln (1 - y / y_{\infty}^{(0)})); \quad (17)$$

$$\tilde{a}_0 = \ln \alpha^{(0)}; \quad (18)$$

$$\tilde{a}_1 = \rho^{(0)}; \quad \tilde{x} = \ln (x - x_0^{(0)}); \quad (19)$$

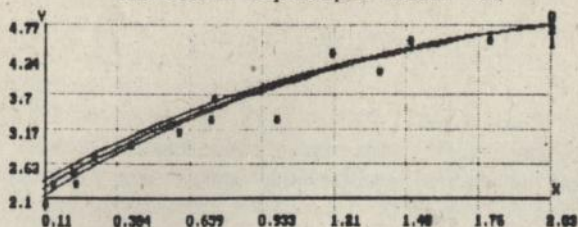
При цьому розрахунок проводиться тільки за тими парами вихідних даних залежності "дія - ефект", для яких справедливе співвідношення $y < y_{\infty}$.

Для уточнення початкових наближень параметрів нелінійних моделей в роботі пропонується використовувати ітераційну градієнтну процедуру, яка полягає в поданні основної функції у вигляді розкладення її в ряд Тейлора в околі i -их наближень ($i=0,1,\dots$ - номер ітерації) параметрів з точністю до лінійних членів. Застосування методу найменших квадратів приводить до системи нормальних лінійних рівнянь відносно виправних коефіцієнтів. Значення параметрів наступної ітерації обчислюються як сума значення параметру на попередньому кроці ітерації та його виправного коефіцієнту. Даний метод дозволяє проводити оцінку вірогідності параметрів на кожному ітераційному кроці.

В роботі детально описано алгоритми та методи початкового оцінювання та уточнення параметрів для всіх видів нелінійних моделей (1) - (10), запропонованих для опису результатів гігієнічних досліджень, вказано умови збіжності ітераційних процесів.

Про швидкість збіжності запропонованого методу можна судити по дослідженню, описаному в роботі, в якому вивчалась дія шкідливого побічного продукту хімічного виробництва триметиламіну (x), виміряного в мг/м^3 , на рефлекторну реакцію випробовуваних (y), яка реєструвалася у відсотках позитивних відповідей. На мал. 1 представлені графіки послідовних ітерацій ($m=0,1,2$) уточнення параметрів моделі (6), для яких середньоквадратичні відхилення відповідно дорівнюють 1.68; 1.23; 0.01.

Графічна ілюстрація ітераційного процесу
визначення параметрів моделі (6)



Мал. 1

В цьому ж розділі наводяться рекурентні формули розрахунку основних розподілів математичної статистики (Стюдента, Фішера), які використовуються в роботі.

Розглянемо розподіл Стюдента $S_n(x)$ у вигляді:

$$S_n(x) = \frac{1}{2} + k_n J_n(x); \quad (20)$$

де:
$$k_n = \frac{\Gamma\left(\frac{n+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n}{2}\right) \cdot \sqrt{\pi n}}$$

$$J_n(x) = \int_0^x \left[1 + \frac{z^2}{n}\right]^{-\frac{n+1}{2}} dz. \quad (21)$$

Показано, що константа k_n і функція $J_n(x)$ задовольняють рекурентні співвідношення:

$$k_n = \frac{1 + \frac{1}{n-2}}{\sqrt{1 + \frac{2}{n-2}}} \cdot k_{n-2}; \quad k_1 = \frac{1}{\pi}; \quad k_2 = \frac{\sqrt{2}}{4}; \quad (22)$$

$$J_n(\sqrt{n} \cdot x) = \sqrt{1 - \frac{1}{(n-1)^2}} \cdot J_{n-2}(\sqrt{n-2} \cdot x) + \frac{1}{n-1} \sqrt{n} \cdot x \cdot (1+x^2)^{-\frac{n-1}{2}};$$

$$J_1(x) = \operatorname{arotg}(x), \quad J_2(\sqrt{2}x) = \frac{\sqrt{2}x}{\sqrt{1+x^2}}; \quad (23)$$

$n = 3, 4, \dots$

які дозволяють ефективно обчислювати $S_n(x)$. Для визначення квантилів використано метод поділу відрізка навпіл.

Відомо, що при $n \rightarrow \infty$:

$$S_n(x) \stackrel{\text{сл}}{\rightarrow} \Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{u^2}{2}} du.$$

Для того, щоб можна було використовувати стандартний нормальний розподіл замість розподілу Стюдента, отримано оцінку: рівномірно для $x \in (0; \sqrt{n})$:

$$\left| S_n(x) - \Phi(x) \right| \leq \frac{1}{2} \left(\frac{1}{k_n \cdot \sqrt{2\pi}} - 1 \right) + \frac{5}{8n}. \quad (24)$$

Аналогічно на основі рекурентних формул обчислюється і розподіл Фішера.

Дисперсійний аналіз використовується на етапі попередньої обробки гігієнічних даних з метою виявлення інформативних показників стану здоров'я та значущих чинників. Його адаптовано згідно з специфікою результатів натурних досліджень, що дозволило виконувати розрахунки не за вихідними масивами даних, а за первинними статистичними характеристиками – середньою, дисперсією та обсягом вибірок.

Парний кореляційний аналіз призначений для виявлення ступеня взаємозв'язку чинників навколишнього середовища (з наступною їх кластеризацією та можливою прив'язкою до найбільш імовірного реального джерела забруднення) та показників стану здоров'я за результатами натурних досліджень. Множинний та частковий кореляційний аналіз

використовується в роботі для оцінки внеску здоров'яформуючих чинників у зміну стану біосистеми та для ранжирування інгредієнтів за ступенем їх небезпеки для здоров'я населення. Ці методи доповнюються ваговими коефіцієнтами надійності.

Лінійний множинний регресійний аналіз, застосований в даній роботі для опису даних натурних досліджень, які характеризуються низькорівневою дією, реалізовано у вигляді багатокрокової схеми обчислень та дозволяє проводити фіксацію направленості дії здоров'яформуючих чинників.

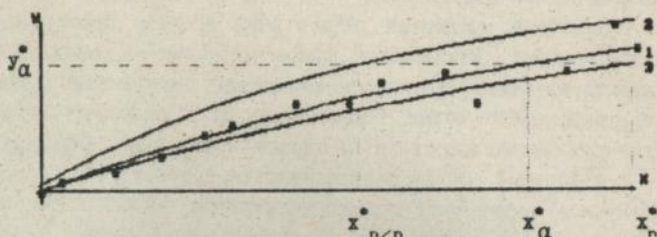
Факторний аналіз застосовується у роботі для розрахунку відносної активності здоров'яформуючих чинників та вміщує три покрокові процедури відбору інформативних головних компонент: схеми покрокового видалення та приєднання змінних, а також схему аналізу спектру кореляційної матриці.

Розділ 3 присвячений методичним питанням аналізу впливу здоров'яформуючих чинників, зокрема алгоритмам розрахунку критичних, порогових та підпорогових рівнів чинників за їх ізольованою, комбінованою та сумісною дією.

При цьому під α -критичним значенням діючого чинника розуміється його максимальне значення, при якому на рівні значущості $(1 - \alpha)$ приймається гіпотеза рівності вихідної функції біопроцесу значенню "норми". Порогове та підпорогове значення чинника розраховуються як відхилення від α -критичного рівня чинника за рахунок параметрів моделі. Згідно з традиціями гігієнічних досліджень рівень α дорівнює одному із значень 0.95; 0.99; 0.999 в залежності від класу небезпеки чинника.

На мал. 2 приведено схему розрахунку α -критичного рівня діючого чинника, його порогового та підпорогового значення за даними експериментальної залежності "чинник - безрозмірний ефект". Чинником (X) в даному випадку виступає триметиламін, виміряний в мг/м^3 ; ефектом (Y) є безрозмірний еквівалент відмінності рефлекторної реакції випробовуваних, яка реєструвалася у відсотках позитивних відповідей, від значення "норми" згідно з критерієм Стьюдента. Найбільш

Схема розрахунку α - критичного рівня
за даними залежності "чинник - безрозмірний еквівалент"



- x - рівень чинника;
- y - безрозмірний еквівалент відмінності показника стану біосистеми від "норми";
- x_n^* - порогове значення чинника;
- $x_{n/n}^*$ - підпорогове значення чинника;
- y_α^* - критична границя розподілу Стьюдента, що відповідає рівню значущості $(1 - \alpha)$;
- * - точки експериментальної залежності "дія чинника - безрозмірний еквівалент";
- 1 - головна модель залежності "дія чинника - безрозмірний еквівалент";
- 2 - 3 - смуга невизначенності головної моделі за рахунок похибок параметрів моделі.

Мал. 2

адекватною моделлю опису залежності "чинник - безрозмірний еквівалент" в даному випадку є модель виду (5).

Запропоновано алгоритми комп'ютерного обчислення α -критичних, порогових та підпорогових значень. Проведено обробку реальних гігієнічних даних з метою аналізу впливу здоров'яформуючих чинників та розрахунку їх критичних рівнів.

Основний підхід в розрахунку порогових та підпорогових рівнів чинників при їх ізольованій дії полягає в наступному: на першому етапі за вихідними даними будується математична модель "дія - ефект", за якою розраховується фонове значення ефекту за нульової зовнішньої дії; потім здійснюється перехід до безрозмірних еквівалентів відмінності вихідної функції від її фонового значення; в кінці будується модель "дія - безрозмірний еквівалент", за якою розраховуються критичні рівні у відповідності зі схемою на мал. 2.

Розрахунок критичних рівнів чинника при ізольованій дії в роботі продемонстровано на прикладі вивчення в експерименті рефлекторної реакції випробуваних осіб на інгаляційну дію триметиламіну.

Алгоритм розрахунку критичних рівнів при комбінованій дії чинників полягає у виконанні таких дій: визначення коефіцієнту відносної активності чинників; - розрахунок узагальненого показника активності чинників; - побудова моделі за даними залежності "узагальнений показник активності чинників - ефект"; - формування "норми" ефекту в припущенні нульової дії узагальненого показника активності факторів; - перехід до безрозмірних еквівалентів відмінності реального ефекту від "норми"; - формування окремих безрозмірних еквівалентів; - побудова окремих моделей та розрахунок за ними критичних (порогових та підпорогових) рівнів.

При комбінованій дії були розраховані критичні, порогові та підпорогові концентрації восьми поліароматичних вуглеводнів (ПАВ) за даними онкоепідеміологічних досліджень

про вплив забруднень атмосферного повітря канцерогенними ПАВ на захворюваність злоякісними новоутвореннями органів дихання різних контингентів населення.

Алгоритм визначення критичних рівнів чинників в припущенні їх сумісної дії має вигляд: вибір інформативних показників стану біосистеми; - побудова регресійних моделей для залежностей типу "дія - ефект"; - розрахунок "норми"; - перехід до безрозмірних еквівалентів відмінності ефекту від "норми"; - розрахунок внеску чинників у зміну ефекту; - формування чинника - еквівалента сумісної дії; - формування окремих безрозмірних ефектів; - побудова окремих математичних моделей; - розрахунок та коректування критичних рівнів чинників.

При сумісній дії за запропонованим алгоритмом було проведено аналіз та розраховано критичні рівні 11-ти чинників хімічної, фізичної та соціально-побутової природи за змінами показників функціонального стану дитячого населення у м. Києві.

В розділі 4 описується проблемно-орієнтований комплекс програм, написаний на мові Сі, призначений для вирішення гігієнічних завдань про вияв впливу здоров'яформуючих чинників та визначення їх критичних рівнів. Комплекс має базу даних, систему незалежних утиліт, розвинену систему контекстової допомоги з експлуатації програмного продукту та основних елементів математичної статистики та обчислювальної математики, описаних в розділі 2, використовує графічні можливості для візуалізації вхідних даних та результатів математичного моделювання. Результати обчислень в ASCII - форматі записуються на магнітні носії у вигляді таблиць та текстових протокольних файлів, з якими передбачено різні варіанти робіт. Основні завдання, які вирішуються за допомогою даного комплексу програм, такі: перевірка та коректування вхідних даних (вибракування вискакуючих варіант, поповнення пропущених значень), виявлення та виділення для наступного аналізу інформативних здоров'яформуючих чинників та показників стану біосистеми,

розрахунок інтегральних еколого-гігієнічних характеристик об'єктів дослідження, формування кластерів шкідливих чинників з можливою наступною їх прив'язкою до реальних джерел забруднення; побудова математичних моделей лінійного, експоненціального, S-подібного та унімодалного виду за даними залежностей типу "дія - час - ефект", обчислення порогових та підпорогових рівнів при ізольованій, комбінованій та сумісній дії чинників.

Наводяться основні висновки, одержані при комп'ютерному аналізі результатів натурних досліджень, представлених залежностями типу "середовище - час - здоров'я", які проводились в різних регіонах України. Дано аналіз впливу здоров'яформуючих чинників на показники стану здоров'я населення у м.м. Києві та Краматорську, розраховано критичні рівні цих чинників.

ВИСНОВКИ

1. Вперше запропоновано два класи нелінійних моделей для опису залежностей типу "час - ефект" (унімодалного виду) та "дія - ефект" (експоненціального, S-подібного виду), які відповідають біопротесам, що рееструються в гігієнічних дослідженнях. Розроблено методи оцінювання параметрів цих моделей, що на етапі початкової ідентифікації використовують характерні точки кривих, допоміжні моделі більш простого виду та процедури лінеаризації, а також ітераційну градієнтну схему для їх уточнення, дозволяють розраховувати параметри моделей з високою точністю.

2. Вперше запропоновано точні рекурентні алгоритми розрахунку розподілів Стюдента та Фішера, які базуються на основних їх властивостях та дозволяють обчислювати значення цих розподілів та їх квантілі.

3. Розроблено нові алгоритми вивчення біопротесів при ізольованій та сумісній дії чинників, які полягають у побудові математичних моделей спеціального виду, формуванні безрозмірних еквівалентів ефекту та інших способах,

дозволяють розраховувати критичні, порогові та підпорогові рівні шкідливих чинників навколишнього середовища за результатами гігієнічних досліджень та аналізувати вплив здоров'яформуючих чинників.

4. Розроблений проблемно-орієнтований пакет, який реалізує стандартні та спеціальні математичні методи та складається з утиліт вводу та первинної обробки даних, бази даних та трьох незалежно функціонуючих програмних модулів, має дружній інтерфейс, можливість графічної візуалізації результатів моделювання, містить довідник з основних методів прикладної статистики, розвинену систему контекстової допомоги, дозволяє проводити аналіз системи "середовище - здоров'я" в діалоговому режимі та обґрунтовувати рішення щодо оптимізації навколишнього середовища.

5. Проблемно-орієнтований пакет, призначений для аналізу еколого-гігієнічної ситуації, впроваджено та функціонує в різних регіонах України (Київ, Одеса, Миколаїв, Херсон, Маріуполь, Орджонікідзе, Марганець, Нікополь тощо).

Список роіт, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:

1. Антомонов М.Ю., Русакова Л.Т., Борисова Н.Л. Методи формування вихідної функції біосистеми в біолого-гігієніческих исследованиях // Гігієна населенных мест. - 1987. - Вып. 26. - С.42-47.

2. Антомонов М.Ю., Русакова Л.Т. Построение зависимостей "доза (уровень фактора) - время - эффект" с использованием экспоненциальных функций // Гігієна и санитария. - 1988. - № 6. - С.42-44.

3. Антомонов М.Ю., Русакова Л.Т. и др. Экспериментально-гігієніческие основы установления предельно допустимой концентрации бенз/а/пирена в атмосферном воздухе // Эпидемиология рака легкого. - Ростов-на-Дону, изд-во РГУ, 1990. - С.198-208.

4. Янішева Н.Я., Черниченко И.А., Баленко И.В.,

Литвиченко О.Н., Парфенов Ю.Д., Антомонов М.Ю., Русакова Л.Т. Экспериментальное обоснование ПДК дибенз/а,и/антрацена в атмосферном воздухе // Гигиена и санитария. - 1990. - № 6. - С. 12-15.

5. Антомонов М.Ю., Русакова Л.Т., Зайковская В.Ю. Алгоритм обработки натуральных данных сочетанного действия факторов окружающей среды на здоровье населения // Гигиена населенных мест. - 1989. - Вып. 28. - С.31-34.

6. Антомонов М.Ю., Русакова Л.Т. Использование программно-алгоритмического комплекса МАГ для анализа влияния факторов среды на здоровье населения // Гигиена и санитария. - № 2.-1994. - С. 52-53.

7. Rusakova L. Algorithmic software of the "environmental - health of the Ukrainian population" monitoring. In book of abstracts International simposium "Environmental Hazards in Central and Eastern Europe". WHO Collaboration Centre. Sosnowiec, Poland. - 1994. - pp.68.

В. Rusakova L. Utilization practice of the "environmental-health" system algorithmic software. In book of abstracts International simposium "Environmental Hazards in Central and Eastern Europe". WHO Collaboration Centre. Sosnowiec, Poland.- 1994. - pp.44.

9. Русакова Л.Т. Идентификация параметров нелинейных моделей экспоненциального и S-образного вида // Кибернетика. Вычислительная техника. - 1994, - № (в друці).

Rusakova L.T. Methods and algorithms of the analysis of the factors effecting on the health using in the hygienic investigations. Dissertation is a manuscript presented for the scientific degree of the Candidate of technical sciences on the specialization 05.13.02 "Mathematical modelling in scientific investigations", Kiev Shevchenko University, Kiev, 1995.

For the result analysis of hygienic investigations and calculation of critical levels of health forming factors the classical methods of applied statistics have been adapted;

the class of nonlinear models has been chosen for the description of the dependence "factor level - time - effect": the algorithms of initial identification and specification of parameters of these models has been proposed. The programme-algorithmical complex realizing these methods and algorithms has been elaborated. The hygienic data analysis has been worked out at the isolated and combined factor effect for the purpose of the calculation of their critical (threshold and subthreshold) levels.

Русакова Л.Т. Методы и алгоритмы анализа влияющих на здоровье факторов в гигиенических исследованиях. Диссертация является рукописью на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 05.13.02 "Математическое моделирование в научных исследованиях", Киевский университет им. Т.Г. Шевченко, Киев, 1995.

Для анализа результатов гигиенических исследований и расчета критических уровней здоровьесформирующих факторов адаптированы классические методы прикладной статистики, выбран класс нелинейных моделей для описания зависимостей типа "воздействие - время - эффект", предложены алгоритмы начальной идентификации и уточнения параметров этих моделей. Разработан программно-алгоритмический комплекс, реализующий эти методы и алгоритмы. Выполнен анализ гигиенических данных при изолированном и совместном действии факторов с целью расчета их критических (пороговых и подпороговых) уровней.

Ключові слова: прикладна статистика, математичне моделювання, обчислювальна математика, комп'ютерна реалізація, гігієнічні дослідження.

Подп. к печ. 20.01.95⁷ Формат 60×84^{1/16}.
Бумага тип. № 3. Способ печати офсетный. Услови. печ. л. 1,16
Услови. кр.-отт. 1,21. Уч.-изд. л. 1,0.
Тираж 100. Зак. № 5-1544

Фирма «ВНПОЛ»
252151, г. Киев, ул. Вольнская, 60.

AB 32.253