


**Міністерство охорони здоров'я України
Українська медична стоматологічна академія**

Затверджено
на засіданні кафедри
медичної інформатики,
біологічної і медичної фізики
«27» серпня 2020 р.
протокол №1 від «27» серпня 2020 р.
Зав. кафедри _____ доцент Сілкова О.В.



**Методичні вказівки
для самостійної роботи студентів під час підготовки до
практичного (семінарського) заняття та на занятті**

Навчальна дисципліна	Медична інформатика
Модуль №2	Медичні знання та прийняття рішень в медицині та стоматології.
Тема заняття	Моделювання у біології та медицині.
Курс	2, 3
Факультет	Медичний № 1, №2, стоматологічний

1. Актуальність теми: Досліджуючи об'єкти навколишнього світу, ми змушені відображати результати дослідження для того, щоб, з одного боку, представити їх у вигляді, зручному для аналізу, а з іншого – для зберігання й передачі. Проектуючи, створюючи щось нове, ми спочатку формуємо деякий образ цього нового. Управляючи чим-небудь, ми, як правило, намагаємося аналізувати, до яких наслідків призведе керування. Перераховані завдання вимагають фіксації (представлення) інформації про об'єкт у вигляді деякого образу (словесного, графічного й т.п.).

2. Конкретні цілі: трактувати визначення моделі, пояснити основні властивості моделі, класифікацію й застосування у медицині; розробляти, створювати прості математичні моделі.

3. Базові знання, вміння та навички, необхідні для вивчення теми.

Назви попередніх дисциплін	Отримані навички
Попередні: 1) основи інформатики 2) теорія імовірності	– знати правила диференціювання, вирішувати диференційовані рівняння; – знати форми перебігу інфекційного захворювання; – визначати коефіцієнти для диференційних рівнянь згідно з результатами лабораторних аналізів

4. Завдання для самостійної роботи під час підготовки до заняття.

4.1. Перелік основних понять, параметрів, характеристик, які повинен засвоїти студент при підготовці із заняття.

Поняття	Визначення
модель	штучно створений людиною об'єкт довільної природи, який заміняє або відображає об'єкт, який розглядається, так, що при вивченні моделі можемо одержати нову інформацію про даний об'єкт
моделювання	це процес вивчення будови й властивостей оригіналу за допомогою моделі
стійкість моделі	модель повинна описувати й забезпечувати стійку поведінку системи, якщо навіть та спочатку є нестійкою
замкнутість	модель ураховує й відображає замкнену систему необхідних основних гіпотез, зв'язків і відносин
інформативність	модель повинна містити достатню інформацію про систему й давати можливість одержати нову інформацію

4.2. Теоретичні питання до заняття:

1. Дати визначення моделі, основним моделям, що використовуються в медицині та біології.
2. Назвіть основні властивості моделей?
3. Назвіть причини, чому ми прибігаємо до використання моделей замість спроб «прямої взаємодії з реальним світом»?
4. Які ви знаєте етапи моделювання?
5. Розповісти про математичну модель «хижаки – жертви».
6. Розповісти про математичне моделювання в імунології.
7. Розповісти про математичну модель росту популяції бактерій.
8. Розповісти про математичне моделювання поширення інфекційної хвороби в населеному пункті.

4.3. Практичні роботи, які виконують на занятті:

Математичне моделювання в медицині та біології.

ПРАКТИЧНА РОБОТА «Розрахунок біоритмів людини»

Відомо, що самопочуття людини залежить від циклів його біоритмів:

- ~ **фізичного**, що характеризує життєві сили людини, тобто його фізичний стан, енергію, силу, витривалість здатність до фізичних навантажень;
- ~ **емоційного** - стан нервової системи, настрої, емоції, душевність, чутливість до сприйняття світу і самих себе;
- ~ **інтелектуальний** біоритм управляє розумовими здібностями, здатністю обробляти інформацію, пам'яттю, ясністю мислення, фантазією.

Всі біоритми стартують одночасно у момент Вашого народження. Упродовж певного часу біоритм піднімається до свого максимального значення (+1), потім поступово знижується до мінімуму (-1). Всі біоритми змінюються строго періодично, але не синхронно. Цикл для **фізичного** біоритму становить **23** дні, для **емоційного** - **28**, а для **інтелектуального** - **33** дні.

РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ У ПРОГРАМІ MS EXCEL

1. Для побудови біоритмів **на 30 днів** використовуємо функції **SIN(x)**. Для цього потрібно вказати: у комірці **B1** вашу дату народження, а у комірці **B2** – дату початку прогнозу (перше число поточного місяця)

Для побудови таблиці графіків функції **SIN(x)** (кожна точка яких буде відповідати числу поточного місяця) необхідно у комірці **A5** записати формулу **=B2**, для збільшення дати на 1 число у комірці **A6** записуємо: **=B2+1** і продовжуємо до останнього числа поточного місяця.

Узагальнена формула для побудови графіків наступна:

$$= \text{SIN} (2 * \text{ПИ} () * (\text{Дата дня обчислення} - \text{Дата народження}) / \text{кількість днів у циклі})$$

Отже, на прикладі рисунку 1, у комірці **B5** для розрахунку фізичного біоритму записуємо:

$$= \text{SIN}(2*\text{ПИ}()*(\text{A5}-\text{\$B\$1})/23)$$

для розрахунку емоційного біоритму у комірці **C5** маємо запис:

$$= \text{SIN}(2*\text{ПИ}()*(\text{A5}-\text{\$B\$1})/28)$$

для інтелектуального у комірці **D5**:

$$= \text{SIN}(2*\text{ПИ}()*(\text{A5}-\text{\$B\$1})/33)$$

Якщо формула записана правильно, після натискання клавіші **ENTER**, отримуємо число, частина таблиці відображена на рисунку 1.

Для прогнозування свого стану графік біоритмів можна будувати на майбутнє.

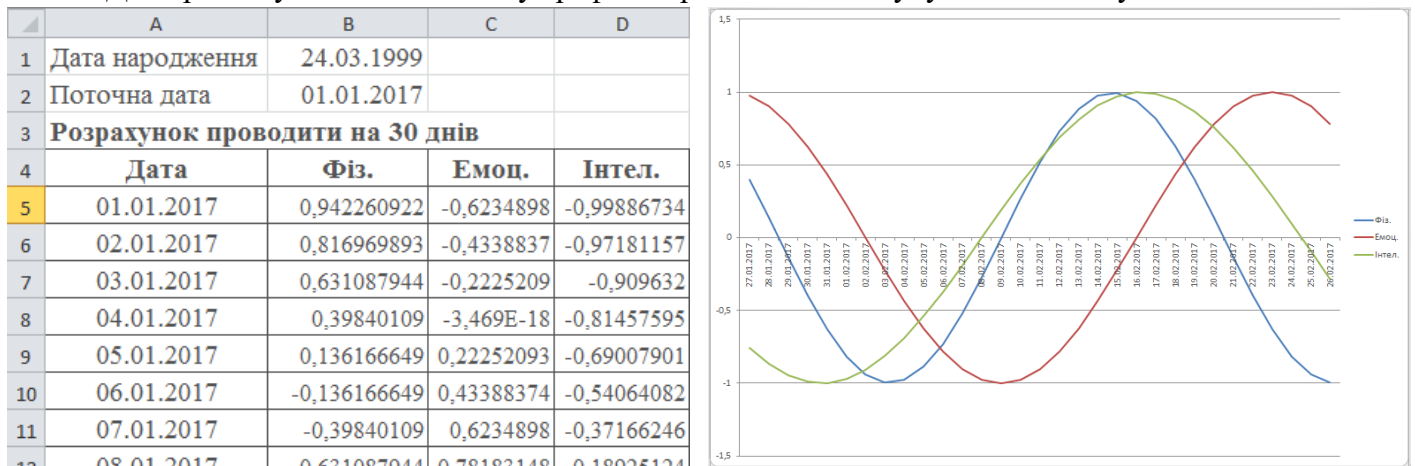


Рис. 1

Тести

- 1) Моделювання - це:
 - a) процес заміни реального об'єкта (процесу, явища) моделлю, що відбиває його істотні ознаки з погляду досягнення конкретної мети
 - b) процес неформальної постановки конкретного завдання
 - c) процес заміни реального об'єкта (процесу, явища) іншим матеріальним або ідеальним об'єктом
 - d) процес виявлення істотних ознак розглянутого об'єкта
- 2) Модель – це:
 - a) матеріальний або абстрактний заміник об'єкта, що відбиває його просторово-тимчасові характеристики
 - b) матеріальний або абстрактний заміник об'єкта, що відбиває його істотні характеристики
 - c) опис досліджуваного об'єкта засобами образотворчого мистецтва
 - d) інформація про несуттєві властивості об'єкта
- 3) Інформаційною моделлю об'єкта не можна вважати:
 - a) опис об'єкта-оригіналу за допомогою математичних формул
 - b) інший об'єкт, що не відбиває істотних ознак і властивостей об'єкта-оригіналу
 - c) сукупність даних у вигляді таблиці, що містять інформацію про якісні й кількісні характеристики об'єкта-оригіналу

- d) опис об'єкта-оригіналу на природній або формальній мові
- 4) Математична модель об'єкта – це:
- a) опис у вигляді схеми внутрішньої структури досліджуваного об'єкта
 - b) сукупність даних, що містять інформацію про кількісні характеристики об'єкта і його поведінку у вигляді таблиці
 - c) сукупність записаних мовою математики формул, що відбивають ті або інші властивості об'єкта-оригіналу або його поведінку
 - d) послідовність електричних сигналів.

Зміст теми:

Вивчаючи складні процеси, що відбуваються в природі, в людському організмі або ж під час проведення наукових експериментів, ми не завжди можемо врахувати всі наявні фактори: деякі з них виявляються більш вагомими, а деякими можна проігнорувати. При цьому з'являються моделі таких процесів, явищ, які спроможні їх замінити повністю, а вивчаючи їх, ми зможемо отримати нову інформацію про них.

«... Весь попередній досвід доводить нам, що природа становить собою реалізацію найпростіших математичних елементів. Я впевнений, що, застосовуючи чисто математичні конструкції, ми зможемо знайти ті поняття та закономірні зв'язки між ними, які дадуть нам ключ до зрозуміння явищ природи...» (А. Ейнштейн)

Є реальний світ речей та явищ – зірок, атомів, життя організмів, хвороб, а є світ, що відображає цю реальність моделей, з якими працює думка людини. Аналізуючи моделі, можна прогнозувати можливості або подальшу поведінку реального об'єкта.

Модель – це штучно створений людиною об'єкт довільної природи, який замінює або відтворює об'єкт, що розглядається, так, що при вивченні моделі можемо отримати нову інформацію про даний об'єкт. Модель завжди бідніша за реальний об'єкт, вона завжди відображає тільки деякі його риси, причому в різних випадках – різні, все залежить від задачі, для розв'язання якої створюється модель.

Об'єкт дослідження біології та медицини – це живий організм, що становить дуже складну систему. Ось чому дослідник вибирає спрощену точку зору, яка підходить для розв'язання конкретно поставленої задачі. Вибір моделі визначається метою дослідження.

Основні властивості будь-якої моделі:

- спрощеність – модель відображає тільки істотні сторони об'єкта і, крім того, повинна бути проста для дослідження або відтворення;
- наближеність – дійсність відображається моделлю грубо, або наближено;
- адекватність системи, що моделюється – модель повинна вдало описувати систему що моделює;
- інформативність – модель повинна містити достатню інформацію про систему і давати можливість отримати нову інформацію;
- повнота – у моделі повинні бути враховані всі основні зв'язки і відносини, що необхідні для забезпечення мети моделювання;
- стійкість – модель повинна описувати і забезпечувати стійку поведінку системи, якщо навіть та спочатку є нестійкою;
- замкнутість – модель враховує і відображає замкнуту систему необхідних основних гіпотез, зв'язків і відносин.

Існують причини, чому ми вдаємося до використання моделей замість спроб «прямої взаємодії з реальним світом».

Перша причина – складність реальних об'єктів. Число факторів, що відносять до розв'язуваної проблеми, виходить за межі людських можливостей. Тому одним із виходів в сформованій ситуації є спрощення ситуації за допомогою моделей, у результаті чого зменшується різноманітність цих факторів до рівня сприйнятливості фахівця.

Друга причина – необхідність проведення експериментів. На практиці зустрічається багато ситуацій, коли експериментальне дослідження об'єктів обмежене високою вартістю або зовсім неможливо (небезпечно, шкідливо, обмеженість науки і техніки на сучасному етапі).

Третя причина – необхідність прогнозування. Важливе перевага моделей полягає в тому, що вони дозволяють «зазирнути в майбутнє», дати прогноз розвитку ситуації і визначити можливі наслідки прийнятих рішень.

Серед інших причин можна назвати наступні:

- досліджуваній об'єкт або дуже великий (модель Сонячної системи), або дуже малий (модель атома);
- процес протікає дуже швидко (модель двигуна внутрішнього згоряння) або дуже повільно (геологічні моделі);
- досліджування об'єкту може привести до його руйнування.

Можна виділити *4 типи моделей*, що використовують у біології та медицині.

1. Біологічні предметні моделі використовують для вивчення загальних біологічних закономірностей, дії різних ліків, методів лікування. До цього типу моделей належать лабораторні тварини, змодельовані органи, культури клітин. Цей вид моделювання дуже давній і відіграє велику роль у сучасній науці (перші польоти в космос, випробування нових ліків та ін.).

2. Фізичні (аналогові) моделі – це фізичні системи чи пристрої, які мають аналогічну поведінку із предметом, що моделюється. Фізична модель може бути реалізована у вигляді механічного пристрою або ж електричного ланцюга. Наприклад, процес руху крові по великих судинах можна змодельовати електричним ланцюгом із конденсаторів та опорів. До фізичних моделей належать технічні пристрої, що замінюють органи та системи живого організму. Це апарати штучного дихання, які моделюють легені, та ін. Фізичне моделювання традиційне для медицини і нині досить широко використовується в лікувальній практиці та в дослідженнях.

3. Кібернетичні моделі – це різні пристрої, найчастіше електронні, за допомогою яких моделюються інформаційні процеси в живому організмі. Серед інформаційних процесів один найпоширеніших - це керування (наприклад, рухом руки, тіла та ін.). Припускається, що розвиток ЕОМ дозволить вирішити проблему «штучного інтелекту», тобто він буде кібернетичною моделлю роботи мозку людини.

4. Математична модель – це система формул, функцій, рівнянь, які описують ті чи інші можливості об'єкта, явища чи процесу, що вивчається. Закон усесвітнього тяжіння, закон Ома та ін. – усе це математичні моделі реальних фізичних явищ. Коли ж вивчають динамічні процеси, то математичною моделлю частіше є система диференціальних рівнянь (тобто рівнянь, що містять похідні), оскільки тільки похідні відображають зміну величин у дослідній системі, що нас цікавить. Математичне моделювання якогось процесу можливе тоді, коли достатньо добре вивчені його фізичні та біологічні закономірності. Але перелік таких процесів у живому організмі поки що незначний. Застосування ЕОМ значно збільшило можливості математичного моделювання в медицині, оскільки стало можливим моделювання більш складних систем.

Цінність методу полягає в тому, що, по-перше, математичне моделювання дозволяє досліджувати поведінку біологічної системи в таких умовах, які важко відтворити в експерименті у клініці, причому без явних матеріальних витрат; по - друге, скорочується час дослідження, оскільки на ЕОМ можна за досить короткий час «розіграти» велику кількість варіантів досліду; по - третє, математична модель полегшує розв'язання задач із лікування хвороб, тому що вона дозволяє дуже швидко відповісти на запитання, які виникають у лікуванні.

Етапи математичного моделювання

Можна виділити три етапи вивчення якого-небудь процесу за допомогою математичного моделювання.

I етап – створення основи математичної моделі. Для цього потрібно:

- накопичити експериментальні дані про процеси в системі, що вивчається;
- скласти рівняння чи схему рівнянь, які будуть описувати відомі факти;

II етап – перевірка та корегування моделі. Для цього потрібно:

- знайти числові значення коефіцієнтів та задати початкові умови;
- розв'язати систему рівнянь;
- порівняти отриманий розв'язок із даними експерименту та виявити розбіжності, визначити їх причини;
- ввести виправлення в математичну модель.

III етап – дослідження математичної моделі, тобто використання її на практиці. Кінцевою метою цього етапу є отримання нової інформації про об'єкт, що вивчається.

Математична модель «Хижаків – жертви»

Уперше в біології математичну модель періодичної зміни числа антагоністичних видів тварин запропонував італійський математик В. Вольтерра. Модель, яка була ним запропонована, – це розвиток ідеї, описаної у 1924 році А. Лоткі в книзі «Елементи фізичної біології». Ось чому ця класична матмодель відома як «модель Лоткі-Вольтерра».

Хоча в природі відносини антагоністичних видів більш складні, ніж у моделі, проте вона є непоганою навчальною моделлю, на якій можна вивчати основні ідеї матмоделювання.

Задача моделювання формулюється таким чином.

У певному, екологічно закритому районі, живуть два види тварин (наприклад, рись та кріль). Кролі (жертви) живляться рослинною їжею, якої завжди достатньо. Рисі (хижаки) можуть житися тільки кролями. Необхідно знайти, як буде змінюватися кількість жертв та хижаків у такій екологічній системі.

Позначимо кількість жертв через N , а кількість хижаків через M . Числа M та N є функціями від часу T . У даній моделі врахуємо такі *фактори*:

1. Природне розмноження жертв;
2. Природна загибель жертв;
3. Знищення жертв за рахунок поїдання їх хижаками;
4. Природне вмирання хижаків;
5. Збільшення кількості хижаків за рахунок розмноження за наявності їжі.

Оскільки мова йде про математичну модель, то задачею є одержання таких рівнянь, в які б входили всі ці фактори та які б описували динаміку, тобто зміну кількості хижаків та жертв із часом.

Нехай за деякий час ΔT кількість жертв і хижаків зміниться на ΔN та ΔM . Зміна кількості жертв ΔN за час ΔT визначається, по-перше, збільшенням унаслідок природного розмноження (яке пропорційне кількості жертв):

$$(\Delta N)_1 = A \cdot N \cdot \Delta T \quad (1)$$

де A – коефіцієнт пропорційності, який характеризує швидкість розмноження жертв у даних умовах. По-друге, має місце також зменшення кількості жертв через природне вмирання:

$$(\Delta N)_2 = -B \cdot N \cdot \Delta T \quad (2)$$

Знак мінус означає зменшення. В основі виведення рівняння, яке описує зменшення кількості жертв за рахунок з'їдання їх хижаками, міститься ідея – чим частіше відбуваються їх зустрічі, тим швидше зменшується кількість жертв. Зрозуміло, що частота зустрічей хижака з жертвою пропорційна і кількості хижаків, і кількості жертв, тобто їх добутку $M \cdot N$.

Ось чому можна записати:

$$(\Delta N)_3 = -C \cdot N \cdot M \cdot \Delta T \quad (3)$$

Тут коефіцієнт C характеризує частоту зустрічей хижака з жертвою. З урахуванням усіх факторів можна записати таке рівняння:

$$\Delta N = A \cdot N \cdot \Delta T - B \cdot N \cdot \Delta T - C \cdot M \cdot N \cdot \Delta T \quad (4)$$

Якщо розділити ліву та праву частини рівняння (4) на ΔT та перейти до межі $\Delta T \rightarrow 0$, отримаємо диференціальне рівняння першого порядку:

$$dN/dT = A \cdot N - B \cdot N - C \cdot M \cdot N \quad (5)$$

Зміна кількості хижаків ΔM визначається збільшенням через природне розмноження за наявності достатньої кількості їжі ($\Delta M_1 = Q \cdot N \cdot M \cdot \Delta T$) та зменшенням через природне вмирання хижаків $\Delta M_2 = -P \cdot M \cdot \Delta T$:

$$\Delta M = Q \cdot N \cdot M \cdot \Delta T - P \cdot M \cdot \Delta T \quad (6)$$

Із рівняння (6) можна отримати диференціальне рівняння:

$$dM/dT = Q \cdot N \cdot M - P \cdot M \quad (7)$$

Диференціальні рівняння (5) та (7) становлять собою математичну модель «Хижаків – жертви». Достатньо знайти значення коефіцієнтів A , B , C , Q , P і математичну модель можна використовувати для розв'язання поставленої задачі.

Математичне моделювання в імунології

Імунітет – складний комплекс відповідних реакцій організму на вторгнення антигенів - чужорідних об'єктів або змінених власних клітин, тканин, білків. Специфічна імунна реакція на молекулярному рівні починається з того, що спеціалізовані плазматичні клітини виробляють у великій кількості білкові молекули антитіла, які нейтралізують антигени. Антитіла мають конформацію, яка комплементарна ділянці поверхні антигену. Ось чому антитіло, взаємодіючи з антигеном, діє як ключ із замком, і комплекс, який утворився, зазнає лізису ферментами.

Розглянемо модель роботи імунного апарату під час тривалої інфекційної хвороби. Дана модель використовується в клінічній практиці в лікуванні вірусного гепатиту, гострої пневмонії.

При дослідженні характеру розв'язку математичної моделі отримано чотири основні форми перебігу інфекційної хвороби. На рис.1 показані можливі випадки динаміки імунної реакції (x – кількість антигенів, t – час).

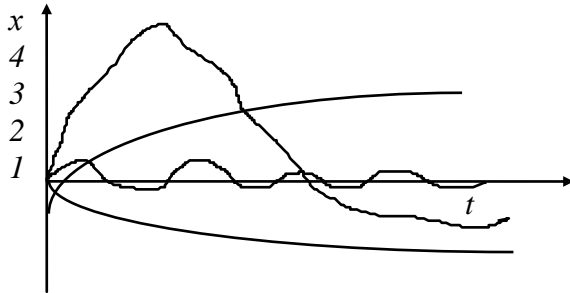


Рис. 1

Перебіг *субклінічної форми* (1) розвивається без фізіологічних розладів в організмі та без зовнішніх проявів. Засоби імунного захисту легко знищують антигени, не даючи їм розмножуватися до небезпечних розмірів.

Гостра форма (2) – у цьому випадку організм атакується невідомим антигеном і у великій кількості. На перших етапах відбувається його посилене розмноження. Коли ж імунна система виробляє проти нього достатню кількість антитіл, кількість антигенів різко зменшується.

Хронічна форма (3) – встановлюється динамічна рівновага антигенів та антитіл. Виникає стійка форма хвороби.

Летальна форма (4) – імунна відповідь запізнюється і більша кількість антигенів викликає в організмі руйнівні зміни.

Математична модель імунної реакції на інфекційні хвороби становить собою три взаємозалежні диференціальні рівняння:

$$\begin{cases} dX/dt = A \cdot X - B \cdot X \cdot Y - C \cdot X \\ dY/dt = D \cdot Z - K \cdot X \cdot Y - L \cdot Y \\ dZ/dt = M \cdot F(X) - N \cdot Z \end{cases} \quad (8)$$

Де X – кількість антигенів; Y – кількість антитіл; Z – кількість плазматичних клітин, які виробляють антитіла.

Взаємозв'язок «хвороботворного початку» - антигенів та імунних сил організм - у в цій математичній моделі має характер, подібний до взаємозв'язку в системі «хижак - жертва». Ось чому два перші рівняння схожі на вивчені в попередньому розділі. «Жертвою» тут виступає чужорідний агент, який у моделі буде кількісно описуватися концентрацією потрібного антигена X . «Хижак» виступають антитіла Y , що утворені від кількості Z цих клітин.

Не будемо детально обговорювати виведення цих рівнянь. Лише зауважимо, що в даній моделі враховані такі фактори:

1. Розмноження антигенів (йдеться про розмноження чужорідних вірусів та бактерій в організмі власника). Коефіцієнт розмноження A обчислюється обернено пропорційно до температури, тобто $A = A(T) = A(0)/T$. Цим самим буде врахований пригнічувальний вплив високої температури на розмноження антигенів.
2. Самостійний розпад антигенів та антитіл із коефіцієнтами C і L .
3. Самостійна загибель плазматичних клітин із коефіцієнтом N .

4. Взаємодія антиген – антитіло в реакції аглютинації пропорційна ймовірності зустрічі потрібного антитіла з антигеном, тобто $X \cdot Y$.
5. Надходження антитіл у кров пропорційне концентрації клітин Z .
6. Швидкість утворення плазматичних клітин визначається залежністю не просто від концентрації антигену X , а від певної функції $F(X)$. Ця функція на даній моделі представлена у вигляді гіперболічної залежності:

$$F(X) = X / (Q + X) \quad (9)$$

Коефіцієнт M вважається пропорційно залежним від температури ($M=M(T)$).

Дослідження математичної моделі полягає в розв'язуванні отриманої системи диференціальних рівнянь за відомих значень коефіцієнтів A, B, C, D, K, L, M, N та початкових умов $X(0), Y(0), Z(0)$. Особливо важливо при цьому те, що *одна й та сама модель за різних початкових умов або коефіцієнтів дає зовсім різну динаміку процесу*. Значення цих коефіцієнтів отримують за результатами спеціальних біохімічних аналізів; у кожної людини вони індивідуальні.

Пояснимо вищезазначене на прикладі. Припустимо, що лікар отримав із лабораторії значення всіх коефіцієнтів свого пацієнта. Ці дані можна ввести в ЕОМ, яка, розв'язавши систему рівнянь за цих значень коефіцієнтів, видасть прогноз того, яким чином буде розвиватися інфекційна хвороба у даного хворого (рис. 1).

Однак, математична модель може допомогти лікареві і в лікуванні. Наприклад, у медичній практиці лікування деяких інфекційних хвороб проводять методом загострення, тобто переведенням хронічної форми в гостру з подальшим одужанням (рис. 2). Для цього потрібно штучно загострити хворобу, тобто ввести в організм у певний момент часу (t_1, t_2) певну кількість P біостимулятора непатогенного антигену, який буде конкурувати, не розмножуватися; він через деякий час викличе підсилену імунну відповідь, яка викличе швидке одужання.

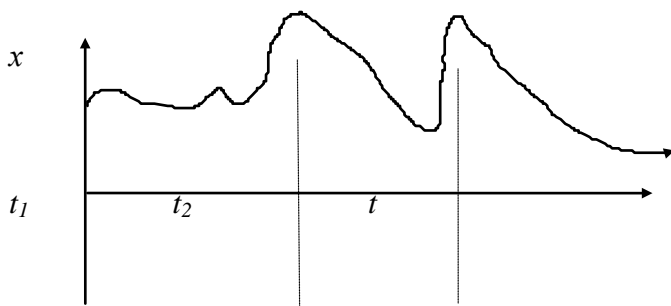


Рис. 2

Дослідження математичної моделі дозволяє знайти кількість біостимулятора та момент часу його введення в організм хворого, за яких графік перебігу хвороби набуває бажаної форми.

Потім лікар на основі такого дослідження моделі на ЕОМ може ввести знайдену дозу біостимулятора хворому.

Перехід хронічної форми в гостру можна здійснити за допомогою температурного ефекту. В цій математичній моделі значення всіх коефіцієнтів стали, за винятком коефіцієнтів A та M , які відповідають за розмноження антигенів та утворення плазматичних клітин. Значення цих двох коефіцієнтів при різних температурах організму різні, тобто, змінюючи штучно температуру організму чи його частини в певних межах за допомогою лікарських чи фізіотерапевтичних засобів, які не шкодять імунній системі, можна отримати потрібний результат. У цьому разі не обійтися без дослідження математичної моделі на ЕОМ. Багаторазовий розрахунок моделі при різних значеннях температури T може дозволити знайти таку температуру, при якій графік перебігу хвороби набуває потрібної форми.

Математична модель росту популяції бактерій

Зростання числа популяції бактерій описується таким диференціальним рівнянням:

$$y' = a \cdot y - b \cdot y^2, \quad (10)$$

де y – число клітин у колонії; y' – швидкість зміни числа клітин; a – коефіцієнт, який залежить від середнього значення періоду генерації; b – коефіцієнт, який ураховує смертність.

Математичне моделювання поширення інфекційної хвороби в населеному пункті

Процес поширення інфекційного захворювання в простому випадку можна описати системою з трьох диференціальних рівнянь першого порядку:

$$\begin{cases} x' = Q \cdot A \cdot x \cdot y \\ y' = Q \cdot A \cdot x \cdot y - (1/R) \cdot y \\ z' = (-1/R) \cdot y \end{cases} \quad (11)$$

де Q – кількість жителів населеного пункту; A – середня кількість жителів, які було заражені кожним хворим щодня; R – середній період захворювання (у днях); x – кількість здорових людей; y – кількість хворих людей; z – кількість людей, що перенесли хворобу та набули імунітет.

Наведена система рівнянь описує процес поширення епідемії в місті для випадку, коли швидкість збільшення кількості хворих людей пропорційна кількості зустрічей здорових людей із хворими, а загальна кількість мешканців міста залишається незмінною.

Математичне моделювання функцій кровообігу

Основні функції кровообігу такі:

- ХОК – хвилинний об'єм крові;
- P_a – середній артеріальний тиск;
- P_v – середній венозний тиск;
- $P_{ла}$ – середній тиск у легенево - артеріальній системі;
- $P_{лв}$ – середній тиск у легеневій вені;

Показники, від яких залежать указані функції:

- C_a – еластичність артеріальної системи;
- C_v – еластичність венозної системи;
- $C_{ла}$ – еластичність легенево - артеріальної системи;
- $C_{лв}$ – еластичність легенево - венозної системи;
- r – загальний периферичний опір;
- r_m – опір у малому колі;
- l – показник функціональної недостатності лівого серця;
- β – показник функціональної недостатності правого серця.

Математична модель, яка зв'язує функції кровообігу з наведеними показниками, може мати такий вигляд:

$$\begin{cases} \text{ХОК} = 60 \cdot y \cdot A^{-1} \\ P_a = y \cdot (\beta + r) \cdot A^{-1} \\ P_v = y \cdot \beta \cdot A^{-1} \\ P_{ла} = y \cdot (1 + r_m) \cdot A^{-1} \\ P_{лв} = y \cdot l \cdot A^{-1} \end{cases} \quad (12)$$

де y – об'єм крові; A – еластичність резервуара:

$$A = C_a \cdot \beta + C_{(лв)} \cdot l + C_a \cdot (\beta + r_m) + C_{(ла)} \cdot (1 + r) \quad (13)$$

Використовуючи цю модель, можна визначити, як різні показники впливають на функції кровообігу.

Матеріали для самоконтролю:

А. Тестові завдання для самоконтролю:

- 1) Біологічною моделлю об'єкту можна вважати:
 - a) опис об'єкту-оригіналу за допомогою математичних формул
 - b) інший живий об'єкт, що відбиває істотні ознаки і властивості об'єкту-оригіналу
 - c) сукупність даних у виді таблиці, що містять інформацію про якісні і кількісні характеристики об'єкту-оригіналу
 - d) опис об'єкту-оригіналу на природній або формальній мові
- 2) Під час вивчення об'єкту реальної дійсності можна створити:
 - a) одну єдину модель
 - b) декілька різних видів моделей; кожна з яких відбиває суттєві ознаки об'єкту
 - c) одну модель, що відбиває сукупність ознак об'єкту
 - d) точну копію об'єкту у всіх проявах його властивостей і поведінки
- 3) Математична модель об'єкту – це:
 - a) опис у вигляді схеми внутрішньої структури досліджуваного об'єкту

- b) сукупність даних, що містять інформацію про кількісні характеристики об'єкту і його поведінку у виді таблиці
 - c) сукупність записаних мовою математики формул, що відбивають ті або інші властивості об'єкту-оригіналу або його поведінку
 - d) послідовність математичних формул
- 4) Фізичною моделлю об'єкту можна вважати:
- a) опис об'єкту-оригіналу за допомогою математичних формул
 - b) прилад, що повторює аналогову поведінку об'єкту-оригіналу
 - c) сукупність даних у виді таблиці, що містять інформацію про об'єкт-оригінал
 - d) опис об'єкту-оригіналу на природній або формальній мові
- 5) Модель порівняно з моделюючим об'єктом містить:
- a) стільки ж інформації
 - b) більше інформації
 - c) менше інформації
 - d) жодної інформації
- 6) Модель є заміщення досліджуваного об'єкта іншим об'єктом, який відображає:
- a) всі сторони даного об'єкта
 - b) деякі сторони даного об'єкта
 - c) суттєві сторони даного об'єкта
 - d) несуттєві сторони даного об'єкта
- 7) Побудова математичної моделі імунної реакції на інфекційні хвороби передбачає систему із...
- a) двох рівнянь
 - b) трьох рівнянь
 - c) чотирьох рівнянь
 - d) шести рівнянь

Література:

Основна:

1. Медична інформатика : навчальний посібник [для студентів вищих навч. закладів МОЗ України] / О.В. Сілкова, Н.В. Лобач ; МОЗ України, УМСА. – Вид. 2-ге, змін., випр. – Полтава : АСМІ, 2016. – 262 с.
2. Комп'ютерне моделювання у фармації: Навч. посіб. для мед. ВНЗ IV р.а. Рекомендовано МОЗ / Булах І.Є. та ін. – К., 2016. – 208 с.
3. Медична інформатика в модулях : практикум/ І.Є. Булах , Л. П. Войтенко, М. Р. Мруга та ін.; за ред. І.Є. Булах. – К. : Медицина, 2009. – 208 с.
4. Доказова медицина у спектрі наукової медичної інформації та галузевої інноваційної політики : монографія / Анатолій Родіонович Уваренко. – Житомир : Полісся, 2005. – 187 с. – Библиогр.: с.158–182
5. Основи медичної інформатики : [підручник для студентів вищих мед. навч. закладів I–III рівнів акредитації] / Лідія Олексіївна Момоток, Людмила Василівна Юшина, Олександра Вікторівна Рожнова. – К. : Медицина, 2008. – 231 с.

Додаткова:

1. Булах І.Є., Лях Ю.Є., Хаїмзон І.І. Медична інформатика. Навчальний посібник для студентів II курсу медичних спеціальностей у трьох частинах. Вінниця. Друкарня ВНМУ ім. М.І. Пирогова, 2006. – 104 с.
2. Медична інформатика : Методи системного аналізу: Навч. посібник для студ. ВМНЗ III–IV рівнів / Василь Петрович Марценюк ; Тернопільська держ. мед. акад. . Каф. мед. інформатики. – Тернопіль : Укрмедкнига, 2002. – 176 с.
3. Медична інформатика : Інструментальні та експертні системи: навчальний посібник для студ. ВМНЗ III–IV рівнів / Василь Петрович Марценюк ; Тернопіл. держ. мед. акад., Каф. мед. інформатики. – Тернопіль : Укрмедкнига, 2004. – 221 с
4. Гойко О.В. Практичне використання пакета STATISTICA для аналізу медико-біологічних даних : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / О. В. Гойко. - Київ, 2004. - 76 с.

5. Гойко О.В. Сучасні технології обробки й аналізу медичних даних // Медична інформатика та інженерія. – 2009. - №4. – с. 39-44.
6. Експертні системи в медицині: навчальний посібник / Продеус А.М., Синєкоп Ю.С., Швець Є.Я., Кісельов Є.М., Баран М.М. – Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2014. – 332 с.
7. О.В. Чалий, В.А Дяков, І.І Хаїмзон. Основи інформатики.:К. «Вища школа», 2004. – 141 с.
8. Основи інформатики. Microsoft Office 2013 (Word, PowerPoint на практиці) : навч. посіб. / М. М. Дрінь, Н. В. Романенко ; М–во освіти і науки України, Чернів. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича. – Чернівці : Чернів. нац. ун-т, 2014. – 75 с.
9. Уваренко А. Р. Доказова медицина у спектрі наукової медичної інформації та галузевої інноваційної політики / А. Р. Уваренко – Житомир : Полісся, 2005. – 187 с.
10. Інформаційні технології у фармації: підручник. / І.Є. Булах , Л. П. Войтенко, Л.О. Кухар, М. Р. Мруга, І.М. Шило; За ред. Булах І.Є. – К. : Медицина, 2008. – 224 с.
11. Лопоч С.Н., Чубенко А.В., Бабич П.Н. Статистичні методи в медико–біологічних дослідженнях з використанням EXCEL. – К.: Моріон, 2001. – 408 с.
12. Інформаційні технології у психології та медицині: підручник / І.Є. Булах, І.І. Хаїмзон. – К.: ВСВ «Медицина», 2011. – 216 с.
13. Комп'ютерне моделювання у фармації: Навч. посіб. для мед. ВНЗ IV р.а. Рекомендовано МОЗ / Булах І.Є. та ін. – К., 2016. – 208 с.
14. Мінцер О.П. Інформатика та охорона здоров'я / О.П. Мінцер // Медична інформатика та інженерія. – 2010. – № 2. – С.8–21
15. Інформаційні системи і технології: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл./ С.Г.Карпенко, В.В.Попов, Ю.А.Тарнавський, Г.А.Шпортюк. – К.: МАУП, 2004. – 192 с.
16. Інформатика в таблицях і схемах: ПК і його складові, операційна система Windows, інтернет, основні та допоміжні пристрої, системне та прикладне програмне забезпечення, моделювання та програмування / [Білоусова Л. І., Олефіренко Н. В.]. – Харків: Торсінг плюс, 2014. – 111 с.
17. Інформатика : практикум з інформ. технологій / Я. М. Глинський. – Тернопіль: Підруч. і посіб., 2014. – 302 с.
18. Інформатика та інформаційні технології : практикум для орг. роботи студентів на практик. та лаборатор. заняттях / Ю. Ю. Білак, В. О. Лавер, Ю. В. Андрашко, І. М. Лях; М–во освіти і науки України, ДВНЗ «Ужгор. нац. ун–т», Ф–т інформ. технологій, Каф. інформатики та фіз.–мат. дисциплін. – Ужгород: Аутдор–шарк, 2015.

Методичні вказівки підготували: О.В. Сілкова, Н.В. Лобач, М.С. Саєнко