



МАТЕМАТИЧНА БІОЛОГІЯ — міждисциплінарна наукова галузь, що ґрунтується на застосуванні математичного апарату до опису біологічних систем у широкому спектрі наук про живе та вивчає чисельний аналіз фундаментальних проблем цих наук на підставі математичного моделювання біологічних процесів і їхніх досліджень математичними методами. Ін. назва — біоматематика. Для М. б. характерним також є застосування однієї і тієї ж самої матем. концепції до біол. проблем різного походження. У М. б. будують та вивчають матем. моделі, інспіровані біол. гіпотезами. При цьому встановлюють ланцюг взаємозв'язків між біол. змінними і, на підставі експериментів, вимірів або спостережень у природі, визначають значення параметрів у рівняннях. Змінними стають невідомі, які обчислюють на основі моделі, або аналізують їхню поведінку. У таких дисциплінах, як екологія та епідеміологія, є традиційним розвивати прості матем. моделі для динаміки популяцій, щоб надати інтерпретування та оцінку параметрів. Проте дослідж. у М. б. можуть бути не лише мотивовані біол. питаннями до математиків, але й формувати поєднання матем. понять, методів і підходів з експериментом або дослідженням, суттєво зосереджуючись на покращенні біол. розуміння. Для цього опрацьовують гіпотетич. механізм у вигляді матем. моделі, зокрема роблять певне матем. припущення та пропонують експерименти, які біологічно підтверджують або спростовують модель. У випадку корект. побудови матем. моделі одним із двох способів вона стає об'єктом аналітич. і комп'ютер. дослідж., що надають значення її розв'язків. Для того, щоб матем. теорія відіграла роль у розв'язанні практ. біол. проблем, найбільший акцент потрібно ставити на дослідж., орієнтовані на конкретні показники (дані) та на уважне порівняння передбачень і спостережень. Уперше точні кількісні дані використав у біології та статистично їх обробив у 2-й пол. 19 ст. австр. природознавець Г.-Й. Мендель. Він заклав принцип спадк. ознак, що згодом став базою для законів Менделя в класич. генетиці. Найдавнішим відомим прикладом застосування математики до біол. проблеми було встановлення послідовності до опису росту популяції кроликів у 13 ст. італ. математиком Л. Фібоначчі (Пізанський). Числа Фібоначчі не лише розв'язали поставлену перед дослідником задачу, але й мали численні зв'язки з різними науками, зокрема з ботанікою. До кін. 19 — поч. 20 ст. дослідники не були обмежені сучас. концепцією спеціалізації, тому чиста математика тісно перепліталася з прикладною. Напр., у 18 ст. швейцар. проф. медицини Д. Бернуллі, який опублікував одну з перших матем. моделей, що доводила доцільність вакцинуван-

ня, співпрацював зі швейцар. математиком і механіком Л. Ейлером, який викладав застосування математики та механіки у фізіології; у серед. 19 ст. нім. математик і фізик Г.-Л. Гельмгольц математично обґрунтував закон збереження енергії для організму, який вперше визначався як фіз.-хім. середовище; 1899 нім. фізіолог О. Франк і англ. фізіолог Е.-Г. Старлінґ запропонували модель для досягнення відтоку крові від серця, яка згодом стала відома як закон Франка-Старлінґа, або закон серця, який відображає залежність сили скорочення серця від розтягування м'язових волокон його стінок. До витоків теорії популяцій відносять рівняння Мальтуса (1798) та його узагальнення, що ілюструють демогр. зростання за експоненцій. законом, тоді як доступність харч. ресурсів зростає лише в арифметич. прогресії. Новим етапом у розвитку цієї теорії став опис динаміки популяції у термінах неліній. диференціал. рівнянь Лотки-Вольтерра на поч. 20 ст. Цей клас т. зв. рівнянь хижак-жертва не лише започаткував новий етап розвитку популяц. біології, а й набув застосування в ін. напрямках, зокрема в екології та епідеміології. У 1920-30-х рр. М. б. відокремилася від теор. біології як самодостатня наука. Співпраця біологів і вчених-лікарів з математиками призвела до формулювання абсолютно нових матем. задач, розв'язування яких сприяло розвиткові як математики, так і біології та медицини. У 1970-х рр. почали застосовувати нові матем. галузі до опису проблем з різних напрямів наук про живі організми, зокрема й теорію ігор до біол. систем. У біол. світі успішно вибрана стратегія генерує, напр., домінацію популяції та контролює поведінку індивідуумів. На основі теорії ігор описано Дарвін. процес, а засобом вивчення еволюц. динаміки в іграх стало реплікативне рівняння. Матем. моделі біол. процесів переважно надзвичайно складні, зокрема таким є моделювання клітин. процесів, оскільки кількість клітин, напр., у люд. організмі досягає 10^{13} , які є різного типу і які при цьому взаємодіють неперервно. Тому у більшості випадків моделі можуть розглядатися лише при обмежених умовах. Біол. системи індивідуумів (частинок), що взаємодіють, можна описати трьома способами. Якщо число таких індивідуумів велике, то їхня щільність, зазвичай, моделюється звичай. диференціал. рівняннями. При помір. кількості (скажімо, 102 або 103) їх можна апроксимувати неперерв. дифузій. процесами. У випадку незнач. кількості індивідуумів систему потрібно описувати в термінах стохаст. процесів, як неперервний за часом марков. ланцюжок. Функціонал. поведінку серця та мозку при звичай. або патол. умовах описують у термінах неліній. аналізу даних електрокардіограми

та електроенцефалограми. Такі дослідж. можуть передбачити спонтанну кардіол. смерть, а також початок епілептич. нападів. У цьому та багатьох ін. випадках застосовують рівняння реакції-дифузії, крім того, деякі моделі, напр., модель руху кисню під час хірург. трансплантації тканин, ґрунтуються на багатофаз. підході. Під час боротьби з раковими захворюваннями та генетич. хворобами мозку, зокрема хворобами Альцгеймера чи Паркінсона, а також підтримки здоров'я пацієнтів із такими хворобами, як СНІД, подолання резистентності антибіотиків, були зроблені перші кроки до розуміння молекуляр. генетики люд. організму. Починаючи з дослідж. поведінки протеїнів з одним рецептором і закінчуючи контролем гормонал. коливань усього тіла, матем. методи залишаються інтеграл. частиною сучас. фізіології. Досягнення у розвитку динаміч. систем, які багато в чому залежать від початк. даних, призвели до виникнення теорії хаосу. Хаотич. характер існує в багатьох природ. (біол.) системах (напр., погода або клімат), поведінку яких можна вивчати у термінах рекурент. графіків і відображень Пуанкаре. Теорію хаосу застосовують в багатьох науках, зокрема екології, метеорології. У М. б. використовують диференціал. рівняння та рівняння з частин. похідними, теорію збурень, матем. і функціонал. аналіз, теорію динаміч. систем, матем. фізику, чисел. та нелінійні методи, теорію ймовірностей, стохаст. процеси, комбінаторику, статистику, лінійну й абстрактну алгебру, теорію графів, теорію фракталів, алгебричну геометрію, топологію, теорію розпізнавання образів, теорію оброблення зображень та сигналів, теорію кодування. Задачі М. б. розв'язують за допомогою пакетів комп'ютер. моделювання (MatLab, Maple та ін.). Окрім теор. біології, з М. б. пов'язані біофізика, біоінформатика та біоінженерія. 1973 у США засн. Товариство М. б., 1991 у Франції під час проведення 1-ї конф. з математики, що застосовують до біології та медицини, — Європ. товариство матем. і теор. біології. Від 1939 виходить темат. наук. бюлетень (згодом отримав назву «Bulletin of Mathematical Biology»), від 1974 — «Journal of Mathematical Biology». Серед учених, які застосовували математику та її підходи до біол. систем і стали Нобелів. лауреатами, — А.-В. Гілл (1922), Ф.-Г. Крік (1962), Е.-Ф. Гакслі (1963; усі — Велика

Британія), Б. Закманн (1991, Німеччина), Л. Бак (2004), М.-Р. Капеккі (2007; обидва — США). Дослідж. у галузі М. б. займаються в Інституті математики НАНУ (Київ) та низці укр. ВНЗів.

Рекомендована література

1. Уинфри А. Т. Время по биологическим часам / Пер. с англ. Москва, 1990;
2. L. Glass, P. Hunter, A. McCulloch. Theory of Heart: Biomechanics, Biophysics and Nonlinear Dynamics of Cardiac Function. New York, 1991;
3. Алексеев В. В., Крышев И. И., Сазыкина Т. Г. Физическое и математическое моделирование экосистем. С.-Петербург, 1992;
4. C. Fall, E. Marland, J. Wagner, J. Tyson. Computational Cell Biology. New York, 2002;
5. A. Beuter, L. Glass, M. C. Mackey, M. S. Titcombe. Nonlinear Dynamics in Physiology and Medicine. New York, 2003;
6. V. I. Agoshkov. Encyclopedia of Mathematical Sciences. Mathematical Models of Life Support Systems // Encyclopedia of Life Support Systems. Oxford, 2004;
7. J. Keenney, J. Sneyd. Mathematical Physiology. New York, 2009;
8. Мюррей Дж. Математическая биология / Пер. с англ. Москва; Ижевск, 2009. Т. 1;
9. 2011. Т. 2-3;
10. Братусь А. С., Новожилов А. С., Платонов А. П. Динамические системы и модели в биологии. Москва, 2010;
11. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. Москва; Ижевск, 2011;
12. L. A. Segel, L. Edelstein-Keshet. A primer on mathematical models in biology. Philadelphia, 2013;
13. A. Freidman, C.-Y. Kao. Mathematical Modeling of Biological Processes. New York, 2014;
14. J. Müller, C. Kuttler. Methods and Models in Mathematical Biology. Deterministic and Stochastic Approaches. Berlin, 2015.

Т. В. Рябуха

Бібліографічний опис:

Математична біологія / Т. В. Рябуха // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. — К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2018. — Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-66927>

2001-2025 © Ця енциклопедична стаття захищена авторським правом згідно з чинним законодавством України (докладніше).