

Про застосування методів кібернетики при встановленні діагнозу

К. О. Шкабара

Група кібернетики Інституту фізіології ім. О. О. Богомольця
Академії наук УРСР, Київ

Вимога об'єктивізації процесу встановлення діагнозу в медичній практиці викликається майже неминучими в багатьох випадках діагностичними помилками лікарів, які в основному керуються своїми суб'єктивними відчуттями, сприйняттями та особистим досвідом.

Суб'єктивні помилки лікаря, які можуть статися при встановленні діагнозу, мають в своїй основі: а) погіршеності у визначенні симптомів, які є у хворого; б) погіршеності в аналізі й оцінці спостережуваних симптомів; в) погіршеності в логічному висновку при визначенні діагнозу.

Усунення цих суб'єктивних помилок можливе при передачі певних функцій автоматично діючій системі об'єктивних апаратів, які реєструють характеристики життєдіяльності організму, аналізують їх і складають логічний висновок про характер захворювання і методи його лікування [2, 4, 6, 7]. Автоматизація цього процесу має бути здійснена на всіх його етапах: збирання і реєстрація інформації про стан хворого, аналіз одержаних даних, синтез спостережуваних показників і логічний висновок про можливе захворювання.



Виходячи з цього, нами в 1956 р. була запропонована ідея створення електронної діагностичної машини — порадики на допомогу лікарю при встановленні діагнозу захворювань серця.

Роботу провадила група кібернетики за трьома напрямками: а) створення електронних приладів, які реєструють об'єктивні характеристики діяльності серця; б) збирання статистичних відомостей і визначення достовірних ознак захворювань серця методами математичної статистики; в) складення алгоритму процесу встановлення діагнозу для електронної машини.

В 1957 р. нами були створені деякі об'єктивні діагностичні прилади для реєстрації різних характеристик діяльності серця, які

були передані в експлуатацію у Київську клініку грудної хірургії, керовану М. М. Амосовим, де успішно використовуються і тепер [1]. Питання про автоматичне розшифрування цих характеристик і введення їх в електронну машину нами розглянуто нижче.

Проводились також статистичні дослідження значимості різних симптомів при діагностиці, для чого ми збирали відповідні дані з історій хвороби в клініках проф. Амосова в Києві, проф. Купріянова в Ленінграді й академіка Бакулева в Москві. Проте великі відмінності в методах обстежування хворих, а також недостатня достовірність симптомів, записаних в історіях хвороби, не дозволили нам зробити будь-які надійні висновки щодо статистичного визначення достовірності симптомів і симптомокомплексів.

При виробленні алгоритму встановлення діагнозу ми спочатку натрапили на негативне ставлення багатьох лікарів до самої ідеї створення логічного пристрою, який, одержуючи на вхід симптоми, виявлені у хворого, давав би на виході діагноз хвороби.

Все ж ми вважали незаперечним той факт, що коли лікар, зіставляючи та аналізуючи симптоми, виявлені у хворого, керується при цьому певними логічними правилами, то ці правила можна представити у формі алгоритму для автоматично діючої системи електронних апаратів.

Припустимо, що всі хвороби серця характеризуються множиною ознак $\{n\}$

$$n_1, n_2, n_3, n_4 \dots n_k.$$

Наявність у хворого однієї з ознак n_i не є категоричною вказівкою про наявність тієї чи іншої хвороби, а лише свідчить про більшу або меншу імовірність певної хвороби. Оскільки при наявності у хворого сукупності ознак $(n_1, n_2, \dots, n_l)$ з усіх можливих діагнозів необхідно визначити найбільш імовірний діагноз D_j , то природно було б застосувати в даному випадку формулу умовних імовірностей Байєса [3]:

$$P(D_j/n_1, n_2, \dots, n_l) = P(D_j) \frac{P(n_1, n_2, \dots, n_l/D_j)}{P(n_1, n_2, \dots, n_l)} \quad [1]$$

Проте це найбільш правильне розв'язання завдання зразу ж натрапило на величезні труднощі. Медицина ще не має в своєму розпорядженні добре упорядкованої статистики, яка дозволила б знайти як абсолютні, так і умовні імовірності, які зв'язують хвороби і визначають їх ознаки.

Правда, нам вдалося зібрати необхідний статистичний матеріал і перевірити правильність цього методу на 124 випадках диференціального діагнозу мітральної недостатності і мітрального стенозу й одержати задовільні результати щодо збігу діагнозів, підрахованих нами, з діагнозами, які були встановлені під час оперативного втручання.

Можливий і інший шлях алгоритмізації процесу встановлення діагнозу.

Логіку лікарського мислення при складанні висновку про характер захворювання на підставі виявлених у хворого ознак можна відобразити у вигляді деякого висловлювання математичної логіки кон'юнктивно-диз'юнктивної форми, наприклад,

$$n_a \wedge n_b \wedge n_c \wedge (n_d \vee n_l) \wedge \bar{n}_f \rightarrow D_j, \quad [2]$$

тобто, якщо у хворого виявлені симптоми n_a і n_b і n_c і n_d або n_l і нема симптому n_f , то слід висловити припущення, що в нього є захворювання D_j .

5. Вибір максимальної суми «ваги».

6. Аналіз ознак, що не збіглися.

Досвід встановлення діагнозів за цією програмою на електронно-лічильній машині «Київ» показав, що автоматизація процесу встановлення діагнозу безумовно може бути досягнута при застосуванні кібернетичних засобів. Численні діагнози, поставлені за допомогою машини, дали добрий збіг з клінічними [4].

Одночасно цей досвід показав недосконалість відомостей, які ми закладали в машину. Аналіз помилкових діагнозів, поставлених машиною, показав, що в їх основі лежать такі причини:

1. Недостатня достовірність і об'єктивність зібраної лікарем інформації про стан хворого, тобто відомостей, зазначених в історії хвороби про сукупність ознак, виявлених у хворого.

2. Недосконалість даних про симптомокомплекси хвороб, бо в різних клініках прийняті різні (часто суперечливі) симптомокомплекси для опису тих самих захворювань.

3. Невідповідність обраних значень «ваги» ознак у симптомокомплексах хвороб їх справжній величині.

Тепер провадяться роботи для усунення цих погрішностей і одержання більш точних відомостей.

Об'єктивності і точності в розшифровці записів кривих, які характеризують стан хворого (електрокардіограми — ЕКГ, фонокардіограми — ФКГ, електроенцефалограми — ЕЕГ та ін.), можна досягти, передавши ці функції електронній машині. Для цього характеристики методом частотної модуляції записують на магнітну стрічку і потім за допомогою безперервно-дискретного перетворювача вводять у «пам'ять» машини (для ЕКГ ми обрали інтервали часу між вводжуваними ординатами кривої 0,005 сек.).

Спільно з лікарями-спеціалістами нами був складений алгоритм розшифровки ЕКГ, розроблена програма для машини «Київ». Перші проби машинної розшифровки дали непогані результати [8]. Готується програма для розшифрування запису інших біострумів. Отже, послідовно автоматизуючи розшифровку всіх характеристик, ми одержимо об'єктивні дані про стан організму.

Для визначення більш достовірних симптомокомплексів і «ваги» симптомів, що входять до них, провадиться математичний аналіз симптомокомплексів.

Схема аналізу така: досліджують дві групи осіб. Всі особи однієї групи мають однакове захворювання D_j (з діагнозом, підтвердженням оперативним втручанням). Особи другої групи, безумовно, цього захворювання не мають.

Обидві групи перевіряють на наявність у досліджуваних деякої сукупності ознак

$$n_1, n_2, n_3, \dots, n_k,$$

з яких частина характерна для даного захворювання, а частина є свідченням його відсутності.

Найбільш доцільна сукупність ознак обирається за їх значимістю для визначення діагнозу методом дискримінантного аналізу [5].

Величину « d_j », яка відповідає симптомокомплексу захворювання D_j , можна записати у вигляді суми добутків

$$d_j = \sum_{i=1}^k a_i m_i = 1; \quad -\infty < a_i < \infty, \quad m_i = 1, \quad [4]$$

де a_i — «вага» i -тієї ознаки в симптомокомплексі D_j ; $d_j = 1$ при наявності захворювання D_j , і $d_j = 0$ при його відсутності.

Розв'язання завдань на встановлення діагнозу за допомогою електронної лічильної машини
(за матеріалами історій хвороби Київської клініки грудної хірургії)

Ознаки, виявлені у хворого і діагноз клініки		Результати встановлення діагнозу на машині			
Найбільш імовірні діагнози		Імовірності	Перелік важливих ознак, які визначають хворобу, але не виявлених у хворого	Перелік симптомів, виявлених у хворого, але таких, що не визначають дану хворобу	
Хворий За-ський					
Систолічний шум на верхівці. Систолічний і діастолічний шум на легеневій артерії. Помірне збільшення легеневої артерії. Помірне збільшення лівого шлуночка серця. Посилена пульсація лівого шлуночка. Посилена пульсація легеневої артерії. ЕКГ правого серця. Високий пульсовий тиск. Вміст гемоглобіну не менше 100%. Невелика задихка. Вроджений порок серця.		0,94	Незарощення баталової протоки, середня стадія	Систолічний шум на верхівці; помірне збільшення легеневої артерії.	
		0,91	Невелике звуження клапанів легеневої артерії. Для уточнення діагнозу потрібне зондування	Систолічний шум на верхівці. Діастолічний шум на легеневій артерії. Помірне збільшення лівого шлуночка. Посилена пульсація лівого шлуночка. Високий пульсовий тиск.	
Триада Фалло. Невелике звуження легеневої артерії. Для уточнення діагнозу потрібне зондування.		0,90		Систолічний шум на верхівці серця. Діастолічний шум на легеневій артерії. Помірне збільшення лівого шлуночка. Посилена пульсація лівого шлуночка. Високий пульсовий тиск.	
Комплекс Ейзенменгера з великим дефектом міжшлуночкової перегородки (початкова стадія)		0,87		Діастолічний шум на легеневій артерії. Посилена пульсація лівого шлуночка серця. Високий пульсовий тиск.	
Мітральний стеноз III стадії, чистий		1,0			
Мітральний порок III стадії. Для уточнення діагнозу необхідна пункція лівого передсердя.		0,88		Лівий тип ЕКГ або нормограма	Правий тип ЕКГ
Мітральний стеноз IV стадії, чистий .		0,83		Стале підвищення венозного тиску	Нестале підвищення венозного тиску. Кровохаркання.

Хворий Пр-паш

Пресистолічний шум на верхівці. Посилена I тон. Подовження інтервалу Q-T. Помірне збільшення легеневої артерії. Помірне збільшення лівого передсердя. ЕКГ-правограма, R-мітрале. Нормальний пульсовий тиск. Гемоглобін менше 100%. Помірне збільшення печінки. Нестале підвищення венозного тиску (до 150 мм водн. ст.). Набутий порок серця. Кров'яний тиск в нормі. Сильна задихка. Кровохаркання. Діагноз клініки: мітральний стеноз III стадії.

Всі симптомокомплекси, виявлені у хворих на захворювання D ($d_j=1$), записуються у вигляді системи рівнянь (5):

$$\begin{cases} a_1 m_1^{(1)} + a_2 m_2^{(1)} + \dots + a_k m_k^{(1)} = 1 \\ a_1 m_1^{(2)} + a_2 m_2^{(2)} + \dots + a_k m_k^{(2)} = 1 \\ \dots \dots \dots \end{cases} \quad [5]$$

При наявності даної ознаки n_i у хворого $m_i=1$, а при відсутності його — $m_i=0$.

Системою рівнянь [6] записують симптомокомплекси групи осіб, які не мають захворювання D_j ($d_j=0$):

$$\begin{cases} a_1 m_1^{(1)} + a_2 m_2^{(1)} + \dots + a_k m_k^{(1)} = 0 \\ a_1 m_1^{(2)} + a_2 m_2^{(2)} + \dots + a_k m_k^{(2)} = 0 \\ \dots \dots \dots \end{cases} \quad [6]$$

Розв'язуючи разом системи рівнянь [5] і [6], одержуємо значення кожної «ваги» a_i в симптомокомплексі захворювання D_j .

Завдання визначення «ваги» ознак було поставлене нами на електронній машині «СЕСМ». Була визначена «вага» всіх симптомів діагнозу мітрального стенозу. Пробне встановлення діагнозів з урахуванням знайденої «ваги» окремих симптомів за даними історій хвороби дало хороші результати.

Наприкінці слід зауважити, що описані кибернетичні методи для визначення стану біологічної системи на підставі аналізу сукупності спостережуваних характеристик її діяльності, можуть бути з успіхом застосовані не тільки в галузі медичної діагностики, а й при вивченні різних станів фізіологічного функціонування організму.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шкабара К. О., Лосев В. Д. та ін., Автоматика, № 3, 1959.
2. Амосов М. М., Шкабара К. О., Автоматика, № 1, 1961.
3. Куликов М. О., Автоматика, № 5, 1961.
4. Шкабара К. О., Хозяїнова С. М., Автоматика, № 4, 1962.
5. Hollingsworth, J. of the Royal Static Soc., ser. A, v. 122, 1959, p. 2.
6. Paycha F., Proc. of a Symposium Mechanisation Thought Processes, v. 2, 1959.
7. Taback, Proc. of the YRE ME, N 9, 1960.
8. Куликов М. О., Следзевська І. К., Фізіол. журн. АН УРСР, т. VIII, № 6, 1962.

Надійшла до редакції
26.V 1962 р.

О применении методов кибернетики при постановке диагноза

Е. А. Шкабара

Группа кибернетики Института физиологии им. А. А. Богомольца
Академии наук УССР, Киев

Резюме

Применение методов теории вероятностей и математической логики в диагностике делает возможным использование электронных вычислительных машин для постановки диагноза.

Диагностический ансамбль, сочетающий электронные приборы для регистрации различных характеристик жизнедеятельности организма и

электронную вычислительную машину (ЭВМ), расшифровывающую их записи, производящую логические действия над обнаруженными признаками и делающую заключение о наиболее вероятном диагнозе, делает его более точным и объективным.

Был произведен опыт постановки диагнозов на релейной модели диагностической машины и на универсальных электронных вычислительных машинах «Урал» и «Киев» Института кибернетики АН УССР.

Поставленные на машинах диагнозы в своем большинстве дали хорошее совпадение с клиническими. Хорошие результаты получены также по расшифровке электрокардиограммы на ЭВМ.

On Applying the Methods of Cybernetics in Establishing a Diagnosis

E. A. Shkabara

Cybernetics group of the A. A. Bogomoletz Institute of Physiology of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, Kiev

Summary

The application of the methods of the theory of probability and mathematical logic in diagnosis makes it possible to utilize electronic computing machines for establishing a diagnosis.

The diagnostic ensemble, combining electronic instruments for recording various characteristics of the vital activity of the organism and an electronic computer which decodes the records, performs logical action on the discovered signs and draws a conclusion as to most probable diagnosis, making it more precise and objective.

An experiment was conducted on establishing diagnoses on a relay model of a diagnostic machine and on universal electronic computers «Ural» and «Kiev».

The diagnoses obtained on the machine gave good agreement with the clinical diagnoses in most cases. Good results were also obtained in decoding electrocardiograms on the electronic computers.