

С.М. Злепко, А.Ю. Азархов, Д.Х. Штофель

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ НАРУШЕНИЙ КРОВООБРАЩЕНИЯ ГОЛОВНОГО МОЗГА

На основе логико-вероятностного алгоритма разработан вычислительный алгоритм для диагностики и прогнозирования возникновения инсульта. Определено, что наибольшей эффективностью владеют тоническая и морфологическая вычислительные диагностики.

Введение

Нарушениями мозгового кровообращения называют любое патологическое изменение кровенаполнения сосудов или полостей головного мозга. Инсульт — это цереброваскулярная катастрофа, синдром быстрого развития симптомов и признаков фокальной или глобальной потери мозговых функций с неврологическими симптомами, которые длятся 24 часа и более, или приводят к смерти без другой видимой причины ее возникновения [1]. Иными словами, это внезапное нарушение мозгового кровообращения, в результате чего развиваются деструктивные изменения головного мозга и появляются стойкие симптомы его органического поражения, а также развивается стойкая очаговая неврологическая симптоматика [2]. На сегодняшний день в мировой структуре смертности инсульты занимают третье место среди причин первичной инвалидности среди взрослого населения после новообразований и травм и являются одной из основных причин нетрудоспособности в допенсионном возрасте [3].

В данной работе предлагаются алгоритм и метод прогнозирования развития или возникновения нарушений нормального мозгового кровообращения (ННМК), основой которого является логико-вероятностный метод, который впервые для диагностики нарушений кровообращения головного мозга применил Н.С. Мастыкин в конце 1960-х годов. Он продиагностировал на ЭВМ 40 случаев инсультов и получил правильный диагноз в 83,5 % случаев [4].

На основе логико-вероятностного алгоритма (ЛВА) и дискриминантного анализа была разработана диагностическая система для прогнозирования развития инсультов [5]. Последующее развитие ЛВА и основанный на его использовании метод получили благодаря работам академика АМН СССР Н.С. Мисюка и его учеников: доцента А.М. Гурлени, профессора А.Е. Семака, математика Ю.В. Плотникова и др. [6].

В то же время полученные результаты позволили определить недостатки алгоритма: это громоздкость матриц, а также элементы субъективизма при оценке важности симптомов для каждого диагноза. И хотя в дальнейшем частично эти недостатки были исправлены путем введения дерева диагнозов и этапности обработки, все работы в этом направлении после смерти академика Н.С. Мисюка были практически прекращены [7].

Однако в настоящее время развитию методов прогнозирования возникновения и исхода заболеваний, связанных с нарушениями мозгового кровообра-

нения, частыми следствиями которых являются инсульты, уделяется значительное внимание [8].

Цель работы — построить вычислительный алгоритм для диагностики нарушений кровообращения головного мозга как основной причины возникновения инсультов.

Материал и методы

Были обследованы 185 больных (95 мужчин и 90 женщин) с диагнозом ННМК: лица в возрасте 38–62 года с признаками атеросклероза (44 %), гипертонической болезни (39 %) или их сочетания (17 %). У 54 больных (29,1 %) основное сосудистое заболевание диагностировалось впервые лишь во время приступа. У 12 больных первый приступ ННМК состоялся в возрасте до 30 лет, у 49 — от 31 до 42 лет, у 36 — от 43 до 55 лет, у 88 — от 56 лет и старше. В зависимости от длительности и наличия органических симптомов все приступы были разделены на три типа — легкие, средние, тяжелые.

При построении диагностического алгоритма использован логико-вероятностный подход к моделированию сложных систем [4, 9, 10].

Результаты и их обсуждение

Современный этап развития медицины и компьютерной техники создал новые возможности для усовершенствования и развития логико-вероятностного алгоритма для диагностики больных, которые перенесли мозговой инсульт или могут его получить.

Основой алгоритма остается диагностическая матрица, которая включает три набора симптомов (по 15, 25 и 50 соответственно), пятибалльную систему оценивания веса симптомов, что позволяет определять диагноз D_j с помощью оценочной функции вида

$$P_j = \sum_{i=1}^5 k_{ij} n_{ij}, \quad (1)$$

где $n = \sum_{i=1}^5 n_i$ (для любого $j \in [1, m]$) — общее количество определенных у больного симптомов; i — код соответствия оценки симптома, $i = 1 \div 5$; k_i — весовой коэффициент симптома, который определяется эмпирическим путем; j — номер диагноза в диагностической матрице; m — общее количество диагнозов в матрице.

Для повышения достоверности диагностики заболеваний предлагается каждый из кодов, которые характеризуют симптом, определять соответствующей формулой. Тогда патологический симптом, который подтверждает диагноз, определяется следующей формулой:

$$k_{ij} = \frac{1}{P(D_j)}. \quad (2)$$

При этом максимальное для постановки диагноза значение вычисляется как $\alpha = -\log_2 P(D_j)$.

Наличие симптома (S_i) индифферентного характера оставляет вероятность диагноза на уровне априорной:

$$P\left(\frac{D_j}{S_i}\right) = P(D_j), \quad k_{ij} = 1, \quad \alpha = 0. \quad (3)$$

Если имеется нехарактерный симптом, то вероятность диагноза становится меньше априорной:

$$P\left(\frac{D_j}{S_i}\right) < P(D_j), \quad k_{ij} < 1, \quad \alpha = \log_2 k_{ij} < 0. \quad (4)$$

Наличие характерного симптома повышает вероятность диагноза в сравнении с априорной, но не более чем в μ_i раз:

$$P(D_j) < P\left(\frac{D_j}{S_i}\right) < \mu_i P(D_j), \quad (5)$$

где μ_i — граница между количественной оценкой характерного и очень характерного симптомов: $1 < \mu_i < \frac{1}{P(D_j)}$.

Структурно алгоритм ЛВА можно представить как совокупность нескольких подпрограмм: основной диагностической, подпрограммы управления, справочной подпрограммы. Исходными данными для алгоритма и программы является массив электронных историй болезней, которые хранятся в центральной базе данных системы и содержат всю необходимую информацию о статистике и динамике нарушений кровообращения головного мозга для каждого пациента. После окончания работы программы врач получает следующие данные:

- 1) наиболее вероятный диагноз (диагноз с максимальными значениями оценочной функции P_j);
- 2) ближайший диагноз (диагноз, имеющий максимальное значение оценочной функции из числа оставшихся диагнозов);
- 3) номера и наименования симптомов, которые требуют уточнения (симптомов, которых не хватает для получения полной клинической картины наиболее вероятного диагноза, сформулированного ЭВМ).

Точность диагностики по данному алгоритму определялась как $T \pm \Delta$, где $T = \frac{m}{n} 100\%$ — процент диагностических совпадений; Δ — средняя ошибка данного процента; m — число диагностических совпадений в массиве длиной n .

Рассмотрим точность клинической диагностики $T_k \pm \Delta_k$ и машинной диагностики на трех массивах данных: экспериментальном — $T_{me} \pm \Delta_{me}$, контрольном — $T_{mk} \pm \Delta_{mk}$ и объединенном — $T_m \pm \Delta_m$.

Тогда получим:

$$T_k = \frac{m'_e + m'_k}{n_e + n_k} 100 \% , T_{mk} = \frac{m_k}{n_k} 100 \% , T_{me} = \frac{m_e}{n_e} 100 \% , T_M = \frac{m_e + m_k}{n_e + n_k} 100 \% ,$$

$$\Delta_k = \sqrt{\frac{T_k(100 - T_k)}{n_e}} , \Delta_{mk} = \sqrt{\frac{T_{mk}(100 - T_{mk})}{n_k}} ,$$

$$\Delta_{me} = \sqrt{\frac{T_{me}(100 - T_{me})}{n_e}} , \Delta_M = \sqrt{\frac{T_M(100 - T_M)}{n_e + n_k}} ,$$

где n_e, n_k — длина соответственно экспериментального и контрольного массивов; m_e — количество совпадений машинного диагноза с диагнозом, верифицированным в экспериментальном и m_k — контрольном массивах; m'_e — количество совпадений клинического диагноза с верифицированным в экспериментальном и m'_k — контрольном массивах.

На рисунке представлена блок-схема алгоритма функционирования основной диагностической программы. Надежность машинной диагностики определялась как отсутствие достоверной разницы между точностью машинной диагностики по Стьюденту в экспериментальном и контрольном массивах при степени свободы, равной $m_e + n_k - 2$.

Машинную диагностику следует считать надежной, если коэффициент Стьюдента равен:

$$t_N = \frac{(T_M - T_{mk})}{\sqrt{\frac{\Delta_{me}^2 m_e}{n_e} + \frac{\Delta_{mk}^2 m_k}{n_k}}} < t_{0,05} , \quad (6)$$

где $t_{0,05}$ — табличное значение коэффициента Стьюдента при уровне значимости 0,05 и степени свободы, равной $n_e + n_k - 2$.

Эффективность машинной диагностики определялась как достоверное повышение ее точности в сравнении с точностью клинической диагностики с уровнем значимости не более 0,05 при степени свободы, равной $2(n_e + n_k - 2)$.

В таком случае машинную диагностику можно считать эффективной, если выполняются следующие условия:

- 1) $T_M > T_k$;
- 2) $t_{эф} \geq t_{0,05}$ при степени свободы $2(n_e + n_k - 2)$, где

$$t_{эф} = \frac{T_M - T_k}{\sqrt{\frac{\Delta_M^2 + \Delta_k^2}{n_e + n_k}}} . \quad (7)$$

В качестве наиболее распространенных и достоверных симптомов ННМК были отмечены: головная боль различного характера и локализации (82–44 %), вегетативные расстройства (62–33,5 %) и шумы, звон в ушах или голове (41–22,5 %). Среди диагностически значимых симптомов наиболее часто имели место системные головокружения (91–49 %), двигательные (53–28,6 %), речевые (21–11,3 %), зрительные (20–10,8 %) нарушения характерной симптоматики. В некоторых случаях приступы имели смешанный характер (14–67,7 %). Статистически достоверные позитивные результаты были достигнуты при применении медикаментозной терапии (в 78 % случаев), лазерной терапии (74 %) и при их сочетании (92 %).

В заключение следует отметить, что ННМК, безусловно, являются сигналом неблагополучия, но одновременно и подтверждением того, что организм больного способен к саморегуляции на достаточном уровне.

Выводы

Получил последующее развитие вычислительный алгоритм для диагностики нарушений кровообращения головного мозга в части повышения его достоверности посредством определения патогномического, индифферентного, нехарактерного и характерного симптомов на этапе формирования диагноза. Это позволило установить, что латерализационная диагностика нарушений кровообращения головного мозга имеет высокую точность и надежность, но низкую эффективность; а тоническая и морфологическая диагностика достаточно точная, надежная и эффективная.

1. *Антонюк Г.Н., Гаркуша С.И., Максименко Н.Д.* Принципы формирования алгоритма управления лечебным процессом в неврологической практике у постинсультных больных с двигательными нарушениями // *Медицинская и физиологическая кибернетика*. — Киев: Ин-т кибернетики АН УССР, 1989. — С. 71–78.
2. *Шевага В.М., Паєнок А.В.* Захворювання нервової системи. — Львів: Світ, 2004. — 519 с.
3. *Драганова О.В., Баршчок Т.В.* Фізична реабілітація постінсультних хворих в пізньому відновлювальному періоді // *Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту*. — 2009. — № 7. — С. 55–58.
4. *Мастыкин А.С.* Опыт прогнозирования исхода острых нарушений мозгового кровообращения // *Сосудистая патология мозга*. — Вильнюс, 1971. — С. 56–58.
5. *Мастыкин А.С., Семак А.Е., Рябцева Т.Д., Гришков Е.Г.* Дискриминантный анализ при прогнозировании возникновения ишемического инсульта // *Кибернетика в неврологии*. — Мн., 1976. — С. 79–83.
6. *Мисюк Н.С., Семак А.Е., Рябцева Т.Д. и др.* Прогнозирование ближайшего исхода мозговых инсультов с помощью ЭВМ // *Здравоохранение Белоруссии*. — 1976. — № 12. — С. 46–49.
7. *Дривотинов Б.В., Гарустович Т.К., Сайрам Н.* Клинико-математическое прогнозирование возникновения и ранняя диагностика осложнений мозгового инсульта // *Там же*. — 1994. — № 7. — С. 12–18.
8. *Прогнозирование исходов инсульта в исследованиях и на практике / Подгот. Д. Молчанов // Здоров'я України*. — 2010. — № 2. — С. 10–11.
9. *Мисюк Н.С.* Системы прогнозирования мозговых инсультов: метод. пособие. — Минск: Минский гос. мед. ин-т, 1983. — 59 с.
10. *Можжаев А.С., Громов В.Н.* Теоретические основы общего логико-вероятностного метода автоматизированного моделирования систем. — СПб.: ВИТУ, 2000. — 145 с.