

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

УДК 615.9:616.8-05-7-079.4+681.3:519.6

А.Г. Иванов

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НЕЙРОИНТОКСИКАЦИЙ: ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Ангарский филиал ФГБУ «ВСНЦ ЭЧ» СО РАМН – НИИ медицины труда и экологии человека (Ангарск)

Представлены основные результаты подхода к разработке информационной системы, предназначенной для сопровождения клиничко-диагностического процесса идентификации профессиональных нейроинтоксикаций. Рассмотрены ключевые свойства и возможности системы, показана оригинальная алгоритмическая основа ее экспертно-аналитических функций. Обозначены направления развития системы и пути ее перспективного научного применения.

Ключевые слова: профессиональные нейроинтоксикации, информационная экспертная система

INFORMATION SYSTEM FOR OCCUPATIONAL NEUROINTOXICATIONS IDENTIFICATION: CAPABILITIES AND PROSPECTS

A.G. Ivanov

Institute of Occupational Health & Human Ecology ESSC HE SB RAMS, Angarsk

The article represents main results of the approach to development of information system for supporting of clinical diagnostic process of occupational neurointoxications identification. The key features and capabilities of the system are reviewed and the original algorithmic base of its expert-analytical functions is shown. The directions of further development of the system and the ways of its prospective scientific use are revealed.

Key words: occupational neurointoxications, information expert system

Производственно-обусловленное воздействие нейротропных веществ на организм работника представляет медицинскую и социально-экономическую проблему, привлекающую интерес отечественной и зарубежной медицинской науки с начала прошлого века. Особенность нейротоксического эффекта состоит в постепенном формировании стойких патологических изменений в центральной нервной системе работника, которые создают для него угрозу утраты трудоспособности [3]. Отсутствие выраженных проявлений в клинической картине профессиональных нейроинтоксикаций (ПНИ) ограничивает возможности раннего обнаружения признаков заболевания и препятствует идентификации его этиологии. Высокая значимость этой проблемы для Иркутской области обуславливается наличием на ее территории крупных химических предприятий, в технологических процессах которых используются такие нейротоксиканты, как ртуть, свинец, марганец, винилхлорид. Риск нейротоксического поражения работников существует при производстве растворителей, при тушении пожаров и ликвидации аварий на химических предприятиях. Как правило, такой риск рассматривается в качестве фактора, устранимого только посредством изменения технологического процесса на производстве. Так, устранению причин возникновения хронической

ртутной интоксикации на ОАО «Саянскхимпласт» отчасти способствовала модернизация, предусматривавшая отказ от использования металлической ртути в технологическом цикле производства хлора и каустика. Тем не менее, существует контингент работников предприятия, пострадавших от воздействия ртути и нуждающихся в медицинском мониторинге и лечении. Все вышеуказанное определяет актуальность обеспечения единой системно-информационной поддержки процесса гигиенического мониторинга условий труда и клиничко-диагностического процесса (КДП) идентификации ПНИ путем создания интеллектуализированной информационной системы (ИС), реализующей технологию поддержки принятия решений. Это позволит сократить продолжительность диагностического цикла, повысить его информационную прозрачность, точность идентификации признаков и этиологии заболевания, приблизить возможность диагностики во времени к моменту начала заболевания. При этом будет повышена эффективность оказания лечебно-профилактической помощи на ранних этапах заболевания, что будет способствовать сохранению трудового потенциала.

МЕТОДИКА

В настоящее время для решения задач дифференциальной диагностики ПНИ в клинике Ангар-

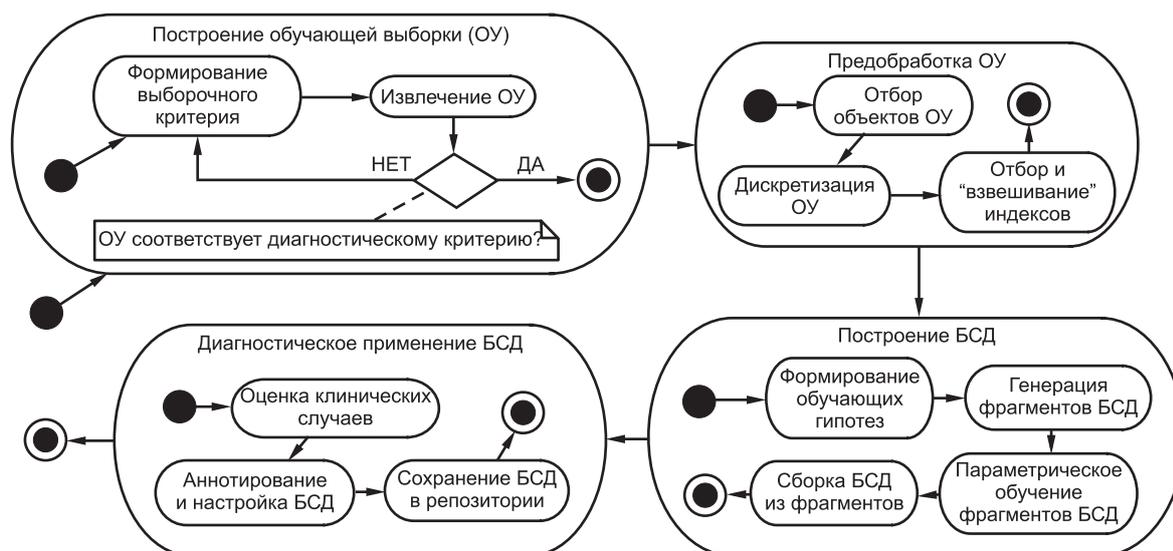


Рис. 1. Стадии жизненного цикла решающей модели в ИС.

ского филиала ФГБУ «ВСНЦ ЭЧ» СО РАМН предложена методика, основанная на дискриминантном анализе клинических случаев [2]. Эффективность применения такой методики ограничивается характером используемых в диагностике количественно-качественных показателей, значения ряда которых не могут быть стандартизированы. Поэтому для реализации экспертно-аналитических возможностей разрабатываемой ИС была предложена оригинальная информационно-математическая методика, которая предусматривает единый подход к обработке гетерогенных данных для построения диагностических моделей, имплементирующих аппарат байесовских сетей доверия (БСД). Основная идея подхода состоит в отображении диагностического опыта на сетевую логико-вероятностную модель путем ее обучения с учителем на основе метаинформации выборки клинических случаев. Алгоритм методики последовательно включает предобработку обучающего материала путем дискретизации значений и сжатия признаков пространства, «взвешивание» отобранных индексов (показателей клинических исследований и условий труда), формирование перечней обучающих гипотез, генерацию трехуровневой иерархической БСД и заполнение таблиц условных вероятностей ее узлов. Формирование обучающей выборки выполняется экспертно, врачом-профпатологом, путем применения к генеральной совокупности, отображающей диагностическую историю ИС, комплексного критерия, задающего параметры временной и объектной принадлежности клинических случаев, отбираемых для обучения модели, жизненный цикл которой представлен на рисунке 1.

Для обеспечения этой возможности ИС консолидирует значения широкого спектра показателей, регистрируемые клиницистами и гигиенистами в централизованной базе данных (БД) посредством сетевого приложения с распределенной архитектурой.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Начальный этап подготовки обучающего материала для решающей модели предусматривает проверку соответствия многомерных информационных объектов выборки требованиям полноты как отсутствия пропусков элементов, и корректности состава. В зависимости от клинической задачи объекты должны быть четко разделены по двум вариантам, диагностические критерии которых представлены в таблице 1.

Таблица 1
Варианты диагностического критерия при различной структуре обучающей выборки

Вариант	Класс	Интерпретация
1	1	Диагноз ПНИ подтвержден
	2	Диагноз ПНИ не подтвержден
2	1	Профессиональная этиология нейроинтоксикации установлена
	2	Заболевание не обусловлено профессиональным фактором
	3	Нейроинтоксикация не установлена

Для предотвращения структурной избыточности БСД методика предусматривает сжатие и реиндексирование признаков пространства выборки путем исключения из него диагностически нерелевантных индексов при помощи алгоритма Greedy Thick Thinning (GTT), разработанного для решения задач, связанных с построением каузальных байесовских сетевых моделей [4].

В формируемой на основе выборки сетевой модели соблюдается типологическое соответствие индексов с наблюдаемыми или рассчитываемыми значениями — узлам исходных свидетельств, интегральных индексов — промежуточным узлам-агрегатам. Под интегральным индексом понимается показатель, обобщающий значения подмножества индексов посредством алгебраической свертки.

Главные диагностические альтернативы оцениваются в рамках единственного корневого узла модели, имеющего прямые и непосредственные конвергентные связи с другими узлами. Определенное описанной структурной метамоделью строгое соответствие между индексами обучающей выборки и объектами сетевой решающей модели обеспечивает верифицируемость решений, предлагаемых ИС и их прозрачность, чему способствует также возможность аннотирования и автоаннотирования элементов моделей и базы данных.

Для формирования отдельного узла-свидетельства начальные значения соответствующего индекса подлежат дискретизации путем определения их интервальной принадлежности в соответствии с референсными нормативными значениями. При этом начальные значения заменяются их интервальными кодами, отражающими ранг или номинальный вектор градаций индекса. Эти градации образуют в узле нормированный вектор несовместных оценок состояния аспекта диагностики — наблюдения или гипотезы. Построение узлов-агрегатов и корневого узла в такой модели выполняется на основе полных перечней диагностических гипотез, допустимых в рамках оценивания соответствующих подмножеств индексов. Каждой такой гипотезе сопоставлена нормированная мера априорной условной вероятности диагностических альтернатив. В интегральных узлах такая мера определяется правилами соответствующих клинических методик, а в корневом узле, предназначенном для оценивания альтернатив в рамках основного диагноза, априорные вероятности каждой гипотезы преобразуются из суммы произведений трех оценок, исчисляемых для каждого индекса, входящего в пространство узла. Базовой из таких оценок является мера диагностической значимости индекса, определяемая на основе его релевантности или информативности при помощи алгоритма «взвешивания» [5, 7]. Второй обязательной оценкой является вклад индекса в диагностическую альтернативу в соответствии с выбранной градацией, где 0 соответствует норме, а при других значениях имеет смысл как объективная, так и субъективная оценка значимости индекса, отражающая суждение эксперта, выполняющего подготовку решающей модели. Значение такой субъективной меры выбирается на множестве натуральных чисел и изначально равно 1, что не изменяет вклада первых оценок. При выборе альтернатив, выполняемом на основе описанного способа оценивания веса индексов, учитываются объективно-субъективные его составляющие, что повышает гибкость и точность процесса диагностики.

На основе рассчитанных значений условной вероятности выполняется маркировка гипотез по классам выборки, после чего набор гипотез вербализуется путем замены числовых значений мнемоническими названиями градаций индексов и классов, определяемых в соответствии с требо-

ваниями клинических методик. Полученный набор гипотез, компоненты которых представлены строковыми значениями, интерпретируется алгоритмом генерации БСД. Создаваемые БСД депонируются в модельном репозитории ИС после их первого диагностического применения, при этом в БД сохраняются связи диагностических моделей с элементами электронной истории болезни. Такое свойство ИС приносит в нее дополнительные исследовательские возможности и увеличивает ее ценность как научно-практического инструмента. Описанная функциональность ИС обеспечивается при помощи программной библиотеки SMILE [6], применение которой совместно с графическими библиотеками Java2 позволит визуализировать графы моделей и тем самым повысит наглядность процесса диагностики. Все вышеуказанное объясняет способ увеличения ее эффективности посредством использования ИС. Применимость описанной алгоритмической базы была нами подтверждена в результате ряда модельных и вычислительных экспериментов [1].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Для обеспечения системно-информационного сопровождения клинко-диагностического процесса идентификации ПНИ была разработана ИС, внедрение которой в клиническую практику увеличит эффективность, гибкость, прозрачность и наглядность процесса диагностики. К преимуществам ИС относятся:

- возможность ее использования на этапах периодического осмотра работников (скрининга) и углубленного их обследования в условиях стационара;
- возможность ведения персонифицированной документации процесса диагностики путем аннотирования и автоаннотирования элементов моделей и данных;
- обеспечение технологической базы таких исследовательских задач, как динамическое моделирование клинических показателей обследуемых лиц, выявление зависимостей в пространстве клинических индексов.

Ограничениями подхода являются сравнительно большой совокупный объем вычислений при подготовке и использовании моделей, жесткие требования к полноте обучающих выборок. Перспективы развития ИС охватывают снятие обозначенных ограничений. Снижение объема вычислений может быть достигнуто путем факторизации признакового пространства и ввода интегральных показателей. Допустимость использования неполных и зашумленных выборочных данных для построения решающих моделей без потери качества последних может быть обеспечена путем аутентичного возмещения пропусков в данных и элиминацией «шумов». Возможность применения ИС в диагностике других профессиональных заболеваний будет способствовать ее интеграции со штатной информационной системой клиники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А.Г., Дьякович М.П., Бахвалов С.В. Технология поддержки принятия решения в диагностике профессиональных нейротоксикозов // Матер. междунар. конф. «Современные проблемы математики, информатики и биоинформатики», посвящ. 100-летию со дня рожд. члена-корр. АН СССР А.А. Ляпунова [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://conf.nsc.ru/Lyap-100/reportview/74900> (дата обращения 15.02.2012).
2. Способ диагностики токсической энцефалопатии от воздействия комплекса токсических веществ: пат. 2279091 Рос. Федерация / Катаманова Е.В., Колесов В.Г., Лахман О.Л., Ильин В.П. – 2006. – Бюл. № 18.
3. Течение энцефалопатии в отдаленном периоде профессиональной хронической ртутной интоксикации / О.Л. Лахман [и др.] // Мед. труда и пром. экология. – 2003. – № 3. – С. 46–48.
4. Dash D., Druzdzel M.J. Robust independence testing for constraint-based learning of causal structure, // 19th Annual Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI-03). – San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 2003. – P. 167–174.
5. Deng Z., Chung F.-L., Wang S. Robust relief-feature weighting, margin maximization and fuzzy optimization // IEEE Transactions On Fuzzy Systems. – 2010. – Vol. 18. – P. 726–744.
6. Marek J.D. SMILE: Structural Modeling, Inference, and Learning Engine and GeNIe: A Development Environment for Graphical Decision-Theoretic Models // In Proceedings of the Sixteenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-99), July 18–22. – Orlando, Florida, 1999. – P. 342–343.
7. Trading MIPS and memory for knowledge engineering / R.H. Creedy, B.M. Masand, S.J. Smith [et al.] // Communications of the ACM 35. – 1992. – P. 48–64.

Сведения об авторах

Иванов Антон Геннадьевич – инженер-программист Ангарского филиала ФГБУ «ВСНЦ ЭЧ» СО РАМН (665827, г. Ангарск, 12-а мкр., д. 3; тел.: 8 (3955) 55-90-66; e-mail: imt@irmail.ru)