

УДК 622.451.007.62

Булат А.Ф., Бунько Т.В., Торопчин О.С.,
Кокоулин И.Е., Беликов Ю.Д.

К ВОПРОСУ ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ОТСУТСТВИИ ПОЛНОЙ ИНФОРМАЦИИ ОБ ИХ СОСТОЯНИИ

Розглянуто деякі аспекти оцінки стану вентиляційних мереж вугільних шахт при умовах, коли відсутня достатня інформація для використання аналітичних методів такої оцінки. Зроблено висновок, що для правильного аналізу стану вентиляційної системи потрібно розробити та впровадити на гірничих підприємствах оригінальну експертну систему.

TO THE QUESTION EXPERT ESTIMATE OF VENTILATION NETWORKS IN THE TIME OF ABSENCE FULL INFORMATION ABOUT ITS CONDITION

The certain aspects estimate of ventilation network's condition in the time of absence sufficient information for using of analytic methods of such estimate was considered. The conclusion, that for correct analysis condition of ventilation network need to develop and install into mine enterprises original expert system, was made.

Угольная шахта представляет собой сложный по технологической организации многомерный объект, управление состоянием которого предполагает необходимость получения и использования в оптимизационных расчетах большого количества разнообразных параметров. Как показывает практика, многие из них не могут быть достаточно оперативно и правильно определены замерным путем. В этом случае приходится использовать аппарат математического моделирования, что в свою очередь, встречает определенные сложности. Последнее объясняется тем, что проведение аналитических расчетов требует закладки в модель как можно более полной и точной исходной информации; на практике это осуществимо не всегда. Так, например, даже такая классическая задача, как расчет естественного потокораспределения в шахтной вентиляционной сети (ШВС) предполагает задание для ее ветвей значений их аэродинамических сопротивлений R . Значения эти могут быть получены двояким путем: либо быть рассчитаны по формуле, связывающей коэффициент аэродинамического сопротивления и геометрические параметры выработки, либо определены по формуле

$$R = H/Q^2,$$

где Q — расход воздуха в рассматриваемой выработке;
 H — ее депрессия.

Указанные параметры определяются в реальных условиях в ходе проведения воздушно-депресссионной съемки, которая, ввиду длительности и большой трудоемкости проводится на шахтах редко, что приводит к старению информации, а значит — к неточности расчета значений R и воздухораспределения в целом.

Из отмеченных соображений может быть сделан вывод о том, что при решении вентиляционных задач технолог сталкивается с проблемой недостаточной полноты и неточности исходной информации. Даже использование современных методов структурно-параметрической идентификации, значительно снижающих количество задаваемой исходной информации, не снимает проблему полностью, т.к. в шахте всегда найдутся участки, где провести необходимые замеры практически невозможно. Выход может быть найден в использовании методов количественной оценки неопределенности информации и методов формирования и обработки нечетких суждений. Причем речь идет прежде всего о теоретических аспектах представления неопределенности; применение такого подхода в дальнейшем, по нашему мнению, позволит сформировать вариант экспертной системы, пригодной для использования при управлении проветриванием угольных шахт как в нормальном режиме работы, так и при возникновении опасных и аварийных ситуаций.

Источники неопределенности используемой информации могут быть условно разделены на две категории.

1. Недостаточно полное знание предметной области.
2. Недостаточная информация о конкретной ситуации.

Применительно к оценке состояния вентиляционной системы вторая категория уже была кратко охарактеризована выше. Сложнее обстоит дело с предметной областью. В самом деле, в наиболее общем случае теория ее может быть неясной или неполной, в ней могут использоваться недостаточно четко сформулированные концепции или недостаточно изученные явления. Так, в приведенном выше примере расчета аэродинамического сопротивления выработки предполагалось, что характер движения воздуха в ней — полностью турбулентный, т.е. имеет место квадратичный закон связи расхода воздуха и депрессии выработки. На практике это, однако, не так. Закон движения воздуха — промежуточный между ламинарным и турбулентным, т.е. значение показателя степени лежит в интервале от 1 до 2. Принятие его в расчетах равным двум является вынужденной мерой; просто из практики известно, что режим движения воздуха в выработках ближе к турбулентному и при этом меньшей будет погрешность расчетов.

Другим примером может служить необходимость учета при проведении расчетов теплового фактора. На многих современных шахтах (шахты им. А.Ф. Засядько, Краснолиманская и др.) горные работы ведутся на горизонтах до 1000 м и более, а температура в выработках достигает 40-45 градусов. В этих условиях, при необходимости организовать в уклонных полях нисходящее проветривание, технолог может столкнуться с эффектом опрокидывания вентиляционной струи за счет интенсивной естественной тяги и нарушением безопасных условий проветривания добычных участков. С учетом еще и того факта, что отсут-

ствуется единая методика расчета значений естественной тяги, решение указанных вопросов имеет важное значение. Аналогичное положение складывается и при возникновении и протекании экзогенных пожаров, когда тепловая депрессия пожарного очага может оказать еще более серьезное влияние на вентиляцию аварийного участка, усугубив аварийную ситуацию поступлением пожарных газов в участки с работающими людьми (нарушив тем самым условия реализации мероприятий ПЛА) и опасностью взрывов метано-воздушной смеси. Расчеты необходимо вести, исходя не из объемных, а из массовых расходов воздуха, учитывая изменения его плотности. Разработанные с этой целью инженерные методики и программные средства (можно назвать работы МакНИИ, ДонУГИ, ДПИ, ИТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины) являются приближенными и далеки от универсальности вследствие существования отличающихся взглядов на природу проявления тепловой депрессии, а значит — и различной степенью учета определяющих ее величину факторов.

Из сказанного может быть сделаны следующие выводы.

1. Располагая неполными знаниями в предметной области, невозможно уверенно предсказать, какой эффект даст то или иное действие.

2. Если технолог даже располагает достаточно полной информацией и корректной теорией предметной области, может оказаться, что выгоды от нее не окупают трудоемкости расчетов и выгоднее использовать не точные, а эвристические методы. Так, методика предварительного анализа вентиляционных режимов с целью сужения круга их, «подозрительных на оптимальность», будет значительно эффективнее проведения расчетов и анализа всей их совокупности.

3. Технолог вынужден пользоваться неточными методами получения результатов о состоянии ШВС по двум главным причинам:

- точных методов не существует;
- точные методы существуют, но не могут быть применены на практике из-за отсутствия необходимого объема данных или невозможности их накопления по соображениям стоимости, трудоемкости (проведение регулярных воздушно-депресссионных съемок), риска (получение информации непосредственно в местах проявления вредных факторов технологического или аварийного происхождения) или из-за отсутствия времени на сбор необходимой информации (что и происходит при вводе в действие ПЛА и формировании коллективом экспертов генерального ПЛА).

4. Для устранения противоречия между необходимостью получения оперативного и максимально достоверного решения и использованием для этой цели неточных методов необходимо проведение научных исследований и создание на их основе экспертной системы.

При разработке такой системы неточные методы играют важную роль, но какие именно методы должны использоваться? Одним из вариантов такого комплекса методов являются методы теории вероятностей. Однако, по мнению ряда исследователей, теория вероятности не является адекватным инструментом для решения задач представления неопределенности знаний и данных. Причин такого положения называется несколько:

1. Теория вероятности не дает ответа на вопрос, как комбинировать вероятности достоверности данных с их реальными количественными характеристиками.

2. Определение вероятности возникновения определенных событий, а тем более — вероятности того, что событие характеризуется определенным набором параметров, встречает еще большие трудности с получением информации, чем определение их реальных значений.

3. Непонятно, как количественно оценивать такие часто встречающиеся на практике понятия, как «в ряде случаев», «по окончании оперативного времени ПЛА», или даже «концентрация пожарных газов, превышающая допустимый предел» (в последнем случае такие допустимые пределы, рассчитанные на оценку не раздельного влияния опасных газообразных продуктов, а их совокупности в пересчете на условную окись углерода, также не отличаются точностью).

4. Применение аппарата теории вероятности требует большого объема вычислений с привлечением большого количества параметров, что обходится достаточно дорого и вынуждает технолога давать точные оценки даже тем параметрам, которые он не в состоянии оценить.

Все эти соображения породили новый формальный аппарат для работы с неопределенностями, который получил название *нечеткой логики*. Этот аппарат широко используется при решении задач искусственного интеллекта и особенно при построении экспертных систем в различных областях человеческой деятельности, что позволяет надеяться на его эффективность и в решении задач экспертной оценки вентиляционных систем.

Не вдаваясь в подробности использования правил нечеткой логики (в каждом конкретном случае при создании специализированной экспертной системы они будут различными; пользователь, заинтересованный в получении более подробных сведений по созданию экспертных систем на основе нечеткой логики может обратиться к источникам [1-3]), остановимся лишь на основных общих понятиях, которые, на наш взгляд, позволят более полно, чем в существующих расчетных методах, учесть специфику получения и использования информации о состоянии ШВС.

Прежде всего, нечеткая логика оперирует таким понятием, как коэффициент уверенности. Ту роль, которую в классической теории множеств играет двузначная булева логика, в теории нечетких множеств иг-

рает многозначная нечеткая логика. Именно, если в булевой логике вопрос замыкался на том, истинно (TRUE) или ложно (FALSE) то или иное утверждение, в нечеткой логике оценивается предположение о принадлежности объекта множеству и присвоение такому предположению действительного значения в интервале от 0 до 1. Соответственно значения коэффициента уверенности μ в степени правильности того или иного заключения лежат в диапазоне от -1 до $+1$. Если $\mu = +1$, то при соблюдении всех оговоренных условий технолог абсолютно уверен в *правильности* анализируемого заключения, а если $\mu = -1$ — существует абсолютная уверенность в *ошибочности* указанного заключения. Отличные от границ интервала положительные значения коэффициента указывают на степень уверенности в правильности заключения, а отрицательные — в ошибочности заключения соответственно.

Основная идея такого подхода состоит в том, чтобы с помощью порождающих правил заменить расчеты вероятности, рассчитываемой по правилу Байеса, приближенной оценкой и таким образом сымитировать (и количественно оценить) процесс принятия решения экспертом-человеком.

Таким образом, хотя степень доверия, связанная с определенным правилом, и может быть соотнесена с субъективной оценкой вероятности, коэффициент уверенности является комбинированной оценкой, основное назначение которого состоит в управлении ходом процесса формирования суждений, управлении процессом поиска цели в пространстве состояний (в практике разработки экспертных систем, если коэффициент уверенности гипотезы оказывается в диапазоне $[+0,2, -0,2]$, поиск рекомендуется прекратить) и ранжировании набора гипотез после обработки всех признаков. Легко видеть, что именно таким путем идет в процессе проведения экспертной оценки и человек-эксперт.

Напрашивается вопрос: зачем разрабатывать экспертные системы? Не лучше ли просто обратиться к человеческому опыту? Ведь, на первый взгляд, несколько человек-экспертов способны более точно оценить ситуацию именно потому, что способны в любой момент отступить от алгоритма функционирования экспертной системы и поступить нелогично?

Существуют веские доводы в пользу применения искусственной компетенции с целью усилить (а вовсе не заменить!) возможности человеческого рассуждения. Экспертная система просто является более эффективной по следующим причинам.

Прежде всего, искусственная компетентность, в отличие от компетентности человека-эксперта, является постоянной, в то время как эксперт, с целью сохранения своего профессионального уровня в некоторой предметной области, должен постоянно практиковаться. В самом деле,

внести появившиеся новые сведения в память ПЭВМ неизмеримо легче, чем обучить им человека; не следует забывать о его субъективных качествах и все увеличивающейся сложности усвоения огромных объемов информации, поступающей извне.

Другим преимуществом искусственной компетентности является легкость, с которой ее можно передавать или воспроизводить. В самом деле, абсолютно несравнимыми по затратам и эффективности обучение группы технологов, как говорится, чужому инженерному опыту и интуиции, и копирование программы или файла данных. Кроме того, искусственную компетентность намного легче документировать.

У искусственной компетентности более устойчивые и воспроизводимые результаты, чем у человека-эксперта. Она не способна принимать различные решения в тождественных ситуациях, забывать о каком-либо важном влияющем на получение решения факторе под влиянием нехватки времени или стрессовой ситуации.

И еще одно преимущество искусственной компетентности — ее невысокая стоимость. Высококвалифицированный эксперт обходится очень дорого, экспертная же система дорога лишь на этапе разработки, а эксплуатация ее сравнительно дешева.

В то же время, хотя экспертные системы хорошо справляются с возлагаемыми на них функциями, тем не менее, в определенных областях деятельности человеческая компетентность явно превосходит любую искусственную. Это не является фундаментальным ограничением искусственного интеллекта, но характерно для современного его состояния. Среди таких вопросов можно назвать проблемы творчества, обучения, возможность эксперта воспринимать и подвергать анализу весь комплекс входной сенсорной информации (визуальной, звуковой, осязательной или обонятельной), в то время как в распоряжении экспертной системы есть лишь символы, через которые представлены концепции базы знаний. Эксперты-люди способны охватить картину в целом, исследовать все аспекты проблемы и понять, как они относятся к основной задаче. Экспертная система стремится сосредоточить все внимание на самой задаче, игнорируя те аспекты, которые, хотя и связаны с самой задачей, но не входят в нее явно.

И, наконец, люди, эксперты и неэксперты, обладают тем, что мы называем *здравым смыслом*. Это широкий спектр общих знаний о мире; обладание им дает человеку огромное преимущество перед искусственным интеллектом с одной стороны, потому, что при решении экспертных задач в особенности на стыках наук невозможно предсказать, что из общедоступных знаний может понадобиться в процессе принятия решения, а с другой — потому, что из-за огромного объема знаний, образующих здравый смысл, не существует сколько-нибудь приемлемого спо-

соба встроить их в интеллектуальную программу, тем более в такую специализированную, как экспертная система.

По этим причинам, а также по ряду других, связанных с общественной приемлемостью экспертных систем, они долго еще будут использоваться не в качестве самостоятельного субъекта, принимающего окончательные решения, а в качестве консультантов или советчиков, оказывающих в интерактивном режиме взаимодействия помощь экспертам в некоторой предметной области. И прежде всего это будет происходить потому, что предстоит еще много сделать (и не только в такой относительно узкой предметной области, как оценка состояния ШВС) для того, чтобы иметь полное понятие об адекватном представлении неопределенности в сложных технических системах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уотермен Д. Руководство по экспертным системам. —М.: Мир, 1989. —388 с.
2. Джексон П. Введение в экспертные системы. —М.; С.-Пб.; Киев: Издательский дом Вильямс, 2001. —623 с.
3. Частиков А.П., Гаврилова Т.А., Белов Д.А. Разработка экспертных систем. Учебное пособие. —С.-Пб.: БХВ-Петербург, 2003. —606 с.

УДК 621.001.25

Шеманвёв В.И., Дырда В.И.

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ И УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЛОЖНЫХ ЭКОТЕХНОСИСТЕМ

Розглядається деякі проблеми стійкого розвитку складних екотехносистем в контексті факторів ризику.

PROBLEMS OF SECURITY AND INCONVERTIBLE DEVELOPMENT OF COMPOSITE ECOTECHNICAL SYSTEMS

Is considered some problems of inconvertible development composite ecotechnical systems in a context of the factors of hazard.

Предисловие

В последнее время стало совершенно очевидным, что перспективы эволюции человечества связаны не только с техническим совершенствованием современной цивилизации; так называемый научно-технический прогресс хотя и продемонстрировал могущество человеческой мысли, но и со всей очевидностью показал тупиковость создавшейся ситуации. По мнению многих ученых [1-19] развитие человеческого общества в первую очередь связано с глобальной перестройкой отношений с природой, с изменением шкалы ценностей, с установлением примата духовности.

Ниже рассматриваются основные проблемы безопасности сложных экотехносистем типа крупных предприятий, включающих в себя экосистемы, техносистемы, жилищную и транспортную инфраструктуру и т.д.; системы управляются человеком, состоят из большого количества эле-