

ОБОБЩЕННЫЙ АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ СЛАБО ФОРМАЛИЗОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

GENERALIZED ALGORITHM OF PROCESSING POORLY FORMALIZED INFORMATION AND ITS APPLICATION

Аннотация: Разработан обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем. Алгоритм включает 14 этапов. На первом этапе информация, поступающая от технической системы через совокупность различных датчиков, собирается в модуле «сбор информации». На втором этапе информация поступает из модуля «сбор информации» в модуль «распознавание информации», где осуществляется ее распознавание. На третьем этапе из модуля «распознавание информации» информация поступает в модуль «классификация информации», где осуществляется ее классификация на n классов $K_1, \dots, K_i, \dots, K_n$. Значение n определяется конкретной задачей. На четвертом этапе информация, поступающая в каждый из n классов, подвергается в модулях «свертка информации» своей, присущей данному классу, обработке по определенному алгоритму (свертке). На пятом этапе после свертки оценивание достоверности информации осуществляется в модулях «оценивание достоверности информации». На шестом этапе в модулях «оценивание безопасности информации» осуществляется оценивание безопасности информации в каждом классе, путем сравнения ее с ранее полученной информацией. На седьмом этапе осуществляется установление связей между вновь полученной информацией в каждом классе и ранее полученной информацией, находящейся в модуле «хранилище». Это осуществляется в модулях «установление связей». На восьмом этапе оценивание вероятности, с которой можно доверять полученной информации, в каждом классе осуществляется в модулях «оценивание вероятности» с помощью вероятностного алгоритма оценивания работоспособности системы наблюдения. На девятом этапе поддержка принятия решений в каждом классе осуществляется в модулях «поддержка принятия решений». На десятом этапе сбор сгенерированных решений из всех классов осуществляется в модуле «обобщенная поддержка принятия решений». На одиннадцатом этапе в модуле «определение числа связей» осуществляется сравнение принятого решения с решениями, принятыми ранее на основе сравнения вновь поступившей информации с информацией, хранящейся в модуле «хранилище». На двенадцатом этапе в модуле «выработка устойчивой реакции» осуществляется выработка устойчивой реакции на многократно поступающую информацию и ее запоминание, путем сравнения с ранее полученной информацией и хранящейся в модуле «хранилище». На тринадцатом этапе в модуле «генерация решений» осуществляется генерация решений. На четырнадцатом

Abstract: The authors have developed a generalized algorithm for processing poorly formalized information from technical systems which includes 14 stages. At the first stage the information from the technical system through a set of different sensors is collected in the module called “information gathering”. At the second stage the information comes from the module of “information gathering” to the module called “information recognition”, where it is identified. At the third stage the information comes from the module of “information recognition” to the module of “information classification”, where it is classified in n number of classes $K_1, \dots, K_i, \dots, K_n$. The value of n is determined by a specific task. At the fourth stage the information delivered to each of n classes, is subjected to processing in the modules of “information convolution”, the processing being particular to each of those classes following a specific algorithm (convolution). At the fifth stage after convolution the accuracy of the information is assessed in the modules of “assessment of information accuracy”. At the sixth stage the security of the information is assessed in the modules of “assessment of information security” in each class by comparing it with the previously received information. At the seventh stage, the links between the newly acquired information in each class and the previously received information kept at the “storage” module are established. This is done in modules of “linkage”. At the eighth stage the credibility of the information received is assessed in each class in the modules “credibility assessment” with the use of probabilistic algorithm of estimating the performance of the monitoring system. At the ninth stage the decision-making is supported in each class in the modules of “decision-making support”. At the tenth stage the generated decisions from all classes are collected in the module of “generalized decision-making support”. At the eleventh stage the decision made is compared to the decisions made earlier in the module of “determination of the number of links”, which is performed by comparing the newly received information with the information kept in the module “storage”. At the twelfth stage a stable reaction to incoming information and its storage is developed in the module “development of stable reaction”, which is performed by comparing the incoming information with the information previously received and kept in the “storage” module. The thirteenth step the decision are generated in the module called “decision generation”. At the fourteenth stage new information is generated in the “storage” module on the basis of newly-recorded information and comparison with previously stored information. The information is checked for novelty. If the information is

этапе в модуле «хранилище» на основе вновь записанной информации и путем ее сравнения с ранее записанной информацией генерируется новая информация. Осуществляется проверка информации на новизну. Если информация действительно новая, то она поступает в модуль «сбор информации» на последующую обработку. Применяя разработанный обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем, получаем на выходе рекомендации по поддержке принятия решений. Окончательное решение принимает эксперт. Предложено экспериментальное оценивание полученных результатов на примерах динамического равновесия длинного стержня, безопасности движения автотранспорта, управления неравновесной химической реакцией Белоусова-Жаботинского. Рассматривается длинный цилиндрический стержень, который поставлен на подвижную платформу. Цилиндр теряет равновесие и начинает падать. Задача заключается в том, чтобы платформу перемещать таким образом, чтобы цилиндр не упал. Предполагается, что на автомобиле установлены видео- и аудиодатчики в различных диапазонах, с которых поступает информация о находящихся поблизости препятствиях. Задача состоит в том, чтобы на основе этой информации автомобиль двигался так, чтобы не произошло его столкновение с каким-либо препятствием. При исследовании неравновесных химических реакций на экспериментальных установках необходимо по всему объему емкости, в которой происходит реакция, поддерживать одинаковую температуру и концентрацию реагентов. Задача состоит в том, чтобы поддерживать стационарный процесс протекания реакции в емкости.

Ключевые слова: алгоритм; обработка информации; технические системы.

Сведения об авторах: Антон Александрович Копыльцов¹, инженер-программист кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ, Александр Васильевич Копыльцов², профессор кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ, профессор кафедры высшей математики ГУАП, профессор кафедры информационных систем СУРАО.

Место работы: ^{1,2} Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ), ² Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), ² Смольный университет РАО (СУРАО).

Контактная информация: 197198, г. Санкт-Петербург, ул. Лизы Чайкиной, д. 18, кв. 8; тел: 9214019427. E-mail: kopyl2001@mail.ru

really new, it enters the module of “information gathering” for subsequent processing. By applying the generalized algorithm for processing poorly formalized information received from technical systems, we obtain the output recommendations to support decision-making. The final decision is made by the expert. The authors also offer an experimental assessment of the results exemplified by the dynamic equilibrium of a long rod, traffic security management, control of nonequilibrium chemical reaction of Belousov-Zhabotinsky. We consider a long cylindrical rod installed on a mobile platform. The cylinder loses balance and begins to fall. The task is to move the platform so that the cylinder would fall. It is assumed that the car has video and audio sensors of different range delivering the information about nearby obstacles. The task is to use the information to move the car so that it was not a collision with any obstacle. In studying the nonequilibrium chemical reactions at experimental facilities it is necessary to maintain the same temperature and concentration of chemical agents throughout the whole volume of the container where the reaction takes place. The task is to maintain a steady reaction process in the vessel.

Key words: algorithm; information processing; technical systems.

About the authors: Anton Alexandrovich Kopyltsov¹, Programming Engineer at the Department of Automated Information Processing Systems, Saint Petersburg State Electrotechnical University «LETI»; Alexander Vasilievich Kopyltsov², Professor at the Department of Automated Information Processing Systems of Saint Petersburg State Electrotechnical University «LETI», Professor at the Department of Higher Mathematics, Saint Petersburg State University of Airspace Instrumentation, Professor at the Department of Information Systems, Smolny University of the Russian Academy of Education.

Place of employment: ^{1,2} Saint Petersburg State Electrotechnical University «LETI», ² Petersburg State University of Airspace Instrumentation, ² Smolny University of the Russian Academy of Education.

Развитие интеллектуальных технологий и интеллектуальных вычислений в последние десятилетия показало, что методы обработки слабо формализованной информации интенсивно развиваются, и наибольшего развития в последнее время достигли эволюционные

алгоритмы и различные их комбинации с нейронными, нечеткими, сетевыми и другими структурами, т.е. подходы, в основу которых заложены механизмы, заимствованные из живой природы [2; 15]. Поэтому для решения проблемы обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем, предлагается подход, в основу которого положены следующие недавно открытые способы хранения и обработки информации в живом организме [3]:

— информация о каком-либо объекте в видео-, аудио- и других диапазонах хранится не в разных структурах мозга, а в одной и той же части, причем с течением времени эта зона нейронов расширяется (количество задействованных нейронов увеличивается), и в случае накопления информации количество связей между нейронами также увеличивается;

— обработка какого-либо объекта в видео-, аудио- и других диапазонах осуществляется одновременно не в разных структурах мозга, а в одной и той же части, независимо от вида информации;

— генерация новых знаний в мозге осуществляется путем сравнения вновь поступившей информации не со всей информацией, хранящейся в памяти, а только с определенным образом обработанной информацией (метод ассоциаций, ассоциативное мышление), что позволяет существенно увеличить скорость обработки информации;

— внимание — основная функция мозга, обеспечивающая выживание организма в окружающей среде, т.е. обработка информации в мозге осуществляется с учетом приоритетов, что позволяет сократить объем хранящейся в памяти информации, необходимой для принятия решений, и увеличить скорость ее обработки;

— наблюдательность — важное свойство эволюции, позволяющее замечать повторяющиеся факты, т.е. выявлять периодические временные ряды, закономерности в событиях и явлениях, что позволяет увеличить скорость обработки информации при принятии решений;

Исходя из этих способов хранения и обработки информации в живом организме, предлагается обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем, на основе моделей обработки слабо формализованной информации при недостаточном ее количестве и алгоритмов обработки и оценивания характеристик поступающей слабо формализованной информации [4—12].

Используя такой подход, можно:

— эффективно хранить слабо формализованную информацию путем хранения не всей информации, а только результатов ее специальной обработки;

— эффективно осуществлять обработку большого объема поступающей слабо формализованной информации путем варьирования приоритетами;

— выявлять повторяющиеся закономерности;

— генерировать новые знания путем анализа имеющейся в памяти слабо формализованной информации в виде результатов ее специальной обработки.

Обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации

Последовательность обработки информации в обобщенном алгоритме обработки слабо формализованной информации включает следующие этапы (рис. 1) [4—12].

Этап 1. Информация, поступающая от технической системы через совокупность различных датчиков, собирается в модуле «сбор информации».

Этап 2. Информация поступает из модуля «сбор информации» в модуль «распознавание информации», где осуществляется ее распознавание, т.е. разделение на аудио- и видеоинформацию, тактильную информацию и другие виды информации. К особенностям информации при ее распознавании можно отнести то, что часто информация о наблюдаемом объекте не одного вида, а нескольких видов, т.е., например, объект можно наблюдать

в видео- и аудио- диапазоне. В модуле «распознавание информации» определяются виды информации, в которых проявляет себя объект наблюдения (техническая система).

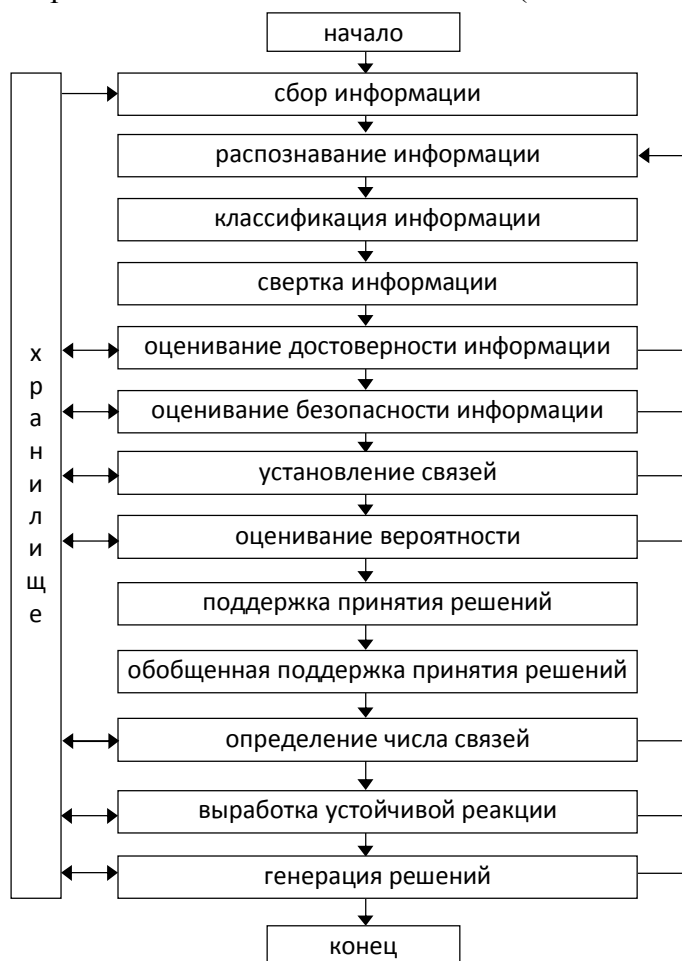


Рис. 1. Идеология построения обобщенного алгоритма обработки слабо формализованной информации

Этап 3. Из модуля «распознавание информации» информация поступает в модуль «классификация информации», где осуществляется ее классификация на n классов $K_1, \dots, K_b, \dots, K_n$. Значение n определяется конкретной задачей. Каждый из классов включает либо один вид информации (зрение, слух, осязание, вкус и обоняние), либо их какую-либо комбинацию по два, по три и т.д. Количество видов информации при желании может быть уменьшено или увеличено. Параметры (количество классов и их разнообразие) в модуле «классификация информации» изменяются в процессе работы технической системы (наблюдения за каким-либо объектом), т.е. это самообучающаяся система. На начальном этапе работы можно использовать либо обучающую выборку, либо случайным образом сгенерированное распределение поступающей информации между классами.

Этап 4. Информация, поступающая в каждый из n классов, подвергается в модулях «свертка информации» своей, присущей данному классу, обработке по определенному алгоритму (свертке) [1; 6; 9; 10; 14; 16]. В итоге получается новая информация, обработанная специальным образом, присущим данному классу.

Этап 5. После свертки оценивание достоверности информации осуществляется в модулях «оценивание достоверности информации». Оценивание достоверности полученной информации проводится в каждом классе путем сравнения ее с ранее полученной информацией (предполагается, что есть модуль «хранилище», где хранится ранее полученная информация). Если информация недостоверная (достоверность ее ниже некоторого, заранее заданного для каждого класса, уровня), то осуществляется переход в модуль «распознавание

информации», где впоследствии информация подвергается повторному распознаванию, классификации и помещается в другой класс.

Этап 6. В модулях «оценивание безопасности информации» осуществляется оценивание безопасности информации в каждом классе путем сравнения ее с ранее полученной информацией. Если информация представляет собой опасность (уровень опасности ее выше некоторого, заранее заданного для каждого класса уровня), то осуществляется переход в модуль «распознавание информации» (рис. 1), где информация впоследствии подвергается повторному распознаванию, классификации и помещается в другой класс. Если же и при повторной классификации информация представляет собой опасность, то выдается предупреждение «Информация опасная» и далее управление системой осуществляется в ручном режиме, т.е. с участием эксперта.

Этап 7. Установление связей между вновь полученной информацией в каждом классе и ранее полученной информацией, находящейся в модуле «хранилище», осуществляется в модулях «установление связей». Если количество связей меньше некоторой, заранее заданной величины, специфичной для каждого класса, то осуществляется переход в модуль «распознавание информации» (рис. 1), где информация впоследствии подвергается повторному распознаванию, классификации и помещается в другой класс.

Этап 8. Оценивание вероятности, с которой можно доверять полученной информации, в каждом классе осуществляется в модулях «оценивание вероятности» с помощью вероятностного алгоритма оценивания работоспособности системы наблюдения. Если вероятность меньше некоторой, заранее заданной величины, специфичной для каждого класса, то осуществляется переход в модуль «распознавание информации» (рис. 1), где информация впоследствии подвергается повторному распознаванию, классификации и помещается в другой класс.

Этап 9. Поддержка принятия решений в каждом классе осуществляется в модулях «поддержка принятия решений», т.е. генерируется совокупность решений для каждого класса.

Этап 10. Сбор сгенерированных решений из всех классов осуществляется в модуле «обобщенная поддержка принятия решений» и затем на их основе осуществляется генерация новой совокупности решений в поддержку принятия решений. Окончательное решение принимает эксперт.

Этап 11. В модуле «определение числа связей» осуществляется сравнение принятого решения с решениями, принятыми ранее на основе сравнения вновь поступившей информации с информацией, хранящейся в модуле «хранилище». Если число подтверждений меньше некоторого, заранее заданного числа, то осуществляется переход в модуль «распознавание информации», где информация в дальнейшем подвергается повторному распознаванию, классификации и помещается в другой класс.

Этап 12. В модуле «выработка устойчивой реакции» осуществляется выработка устойчивой реакции на многократно поступающую информацию и ее запоминание путем сравнения с ранее полученной информацией, хранящейся в модуле «хранилище». Если вновь полученная и проверенная информация отсутствует в модуле «хранилище», то она туда записывается.

Этап 13. В модуле «генерация решений» осуществляется генерация решений.

Этап 14. Модуль «хранилище» включает в себя хранилище информации, поступившей ранее. В модуле «хранилище» на основе вновь записанной информации и путем ее сравнения с ранее записанной информацией генерируется новая информация. Осуществляется проверка информации на новизну. Если информация действительно новая, то она поступает в модуль «сбор информации» на последующую обработку.

Применяя разработанный обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем, получаем на выходе рекомендации по поддержке принятия решений. Окончательное решение принимает эксперт. В следующих разделах предложено экспериментальное оценивание полученных результатов.

Динамическое равновесие длинного стержня

Рассмотрим длинный цилиндрический стержень (С), который поставлен на подвижную платформу (А). Цилиндр теряет равновесие и начинает падать. Задача заключается в том, чтобы платформу (А) двигать таким образом, чтобы цилиндр не упал.

В первом приближении считается, что цилиндр (С) находится в плоскости ХОУ (рис. 2) и может отклоняться влево или вправо, т.е. в первом приближении это толстая пластина, которая изменяет положение в плоскости ХОУ.

В случае отклонения цилиндра вправо платформа должна сдвинуться вправо на такое расстояние, чтобы проекция центра тяжести цилиндра (F) проходила через его основание. Аналогично, в случае отклонения цилиндра влево платформа должна сдвинуться влево на такое расстояние, чтобы проекция центра тяжести цилиндра (F) проходила через его основание. Если скорость обработки информации, поступающей от видео-датчиков достаточно велика, то цилиндр не упадет и будет качаться в окрестности устойчивого состояния.

В случае обобщения на более сложный случай, когда цилиндр может качаться не только в плоскости ХОУ, но и в плоскости YOZ (рис. 2), подвижная платформа должна двигаться вдоль осей OX и OZ.

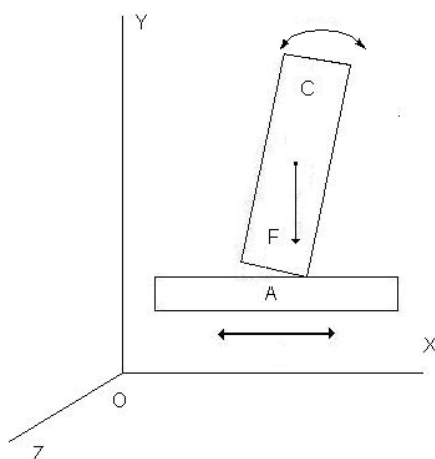


Рис. 2. Цилиндр (С) на платформе (А)

F — вектор силы тяжести, приложенный в центре тяжести цилиндра.
Стрелочки обозначают направления движения платформы (А) и цилиндра (С)

В случае, когда цилиндр отклоняется не в плоскостях ХОУ или YOZ, а в промежуточном направлении (между плоскостями ХОУ и YOZ), платформа, на которой он стоит, должна перемещаться в том же направлении. Этого можно достичь, одновременно перемещая платформу вдоль осей OX и OZ. В итоге получим, что цилиндр качается в окрестности устойчивого состояния.

Рассмотрим более подробно двумерную модель. В этом случае колебания стержня представляют собой колебания длинного прямоугольника в плоскости (рис. 3). Оценим максимальный угол наклона прямоугольника, при котором он не упадет на бок. Пусть прямоугольник имеет основание a и высоту b . Тогда расстояние от центра тяжести до основания $l_1 = b/2$, длина половины диагонали

$$l_2 = \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{2}.$$

Максимальный угол φ_{\max} , при котором прямоугольник не упадет на бок (проекция центра тяжести не должна быть вне опоры прямоугольника),

$$\operatorname{tg} \varphi_{\max} = \frac{a/2}{l_2} = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}, \quad \operatorname{ctg} \varphi_{\max} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}, \quad \varphi_{\max} = \operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right).$$

В идеальном случае (нет потери энергии на тепло, сопротивление воздуха и т.д.) при начальном отклонении прямоугольника на угол $\varphi_0 < \varphi_{max}$ колебания будут продолжаться бесконечно долго с той же амплитудой.

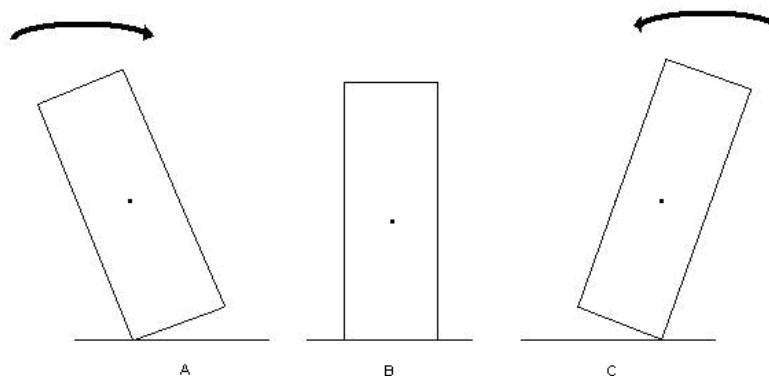


Рис. 3. Колебания двумерного стержня

Точками обозначен центр тяжести стержня (стержень предполагается однородным). Колебания стержня осуществляются в следующей последовательности: А (максимальное отклонение влево), В (центральное положение), С (максимальное отклонение вправо), В, А, В, С и т.д.

В случае подвижной платформы, на которой стоит прямоугольник, можно изменить амплитуду колебаний прямоугольника. Для этого нужно в момент времени, когда прямоугольник находится в крайнем левом (или правом) положении, передвинуть платформу таким образом, чтобы угол наклона перпендикуляра, опущенного из центра тяжести прямоугольника, изменился. Возможны варианты: либо этот новый угол $\varphi_{00} < \varphi_0$, либо $\varphi_{max} > \varphi_{00} > \varphi_0$. В первом случае амплитуда колебаний прямоугольника уменьшится, а во втором — увеличится. Если φ_0 или φ_{00} больше φ_{max} , то прямоугольник упадет на бок.

Безопасное движение автотранспорта

Предполагается, что на автомобиле установлены видео- и аудио-датчики в различных диапазонах (например, видео-датчик, звуковой и ультразвуковой датчики). Если погода хорошая, то видео-датчики позволяют хорошо наблюдать обстановку в окружении автомобиля. Если же погода плохая (туман, снег, дождь и т.д.), то видео-датчики с этой задачей могут не справиться, и совместная работа видео- и аудио-датчиков может привести к желаемому результату. С этих датчиков поступает информация о находящихся поблизости препятствиях (построек, деревьев, других автомобилях, людей и т.д.). Задача состоит в том, чтобы на основе этой информации автомобиль двигался так, чтобы не произошло его столкновение с каким-либо препятствием. Для этого существует 2 параметра: скорость и направление движения автомобиля. В случае уменьшения расстояния между нашим автомобилем и другим автомобилем или каким-либо препятствием наш автомобиль может изменить либо направление движения, либо скорость. Изменяя скорость и направление движения, можно достичь безопасного движения автомобиля.

Регулирование неравновесной реакции

При исследовании неравновесных реакций, например, реакции Белоусова-Жаботинского и других, на экспериментальных установках (рис. 4) необходимо по всему объему емкости, в которой происходит реакция, поддерживать одинаковую температуру и концентрацию реагентов.

Рассмотрим эту задачу на примере реакции Белоусова-Жаботинского (БЖ). Для того, чтобы провести успешное наблюдение реакции Белоусова-Жаботинского, нужны следующие реагенты: H_2SO_4 (серная кислота), $CH_2(COOH)_2$ (малоновая кислота), $NaBrO_3$ (бромат натрия), $Ce_2(SO_4)_3$ (сульфат церия), $Fe(C_{12}H_8N_2)_3SO_4$ (ферроин).

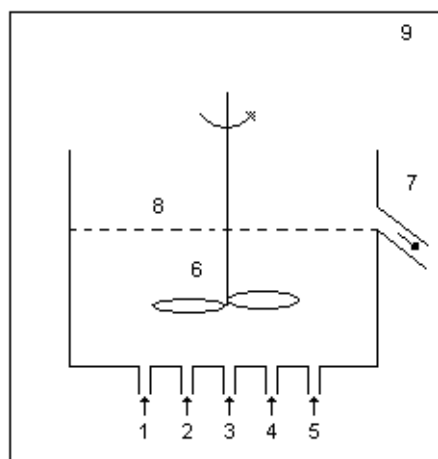
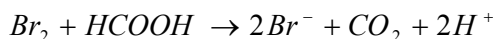
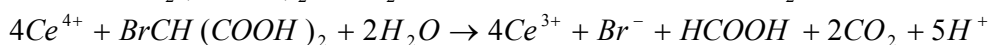
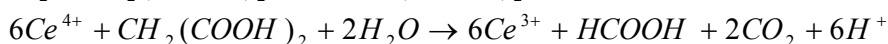
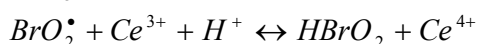
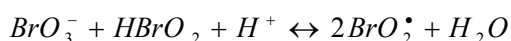
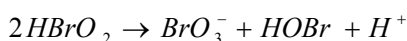
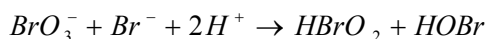
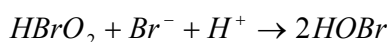
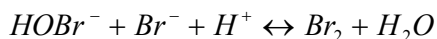


Рис. 4. Экспериментальная установка для смешивания жидкостей

В емкость (8), помещенную в термостат (9), поступают растворы серной кислоты (1), малоновой кислоты (2), бромата натрия (3), сульфата церия (4), ферроина (5). Жидкость, находящаяся в емкости (8), перемешивается мешалкой (6), а ее избыток вытекает через сток (7)

Нужно смешать водные растворы реагентов, и тогда возникнут колебательные процессы при протекании реакции, которые хорошо видно благодаря изменению окраски раствора. Если в качестве катализатора выбрать ферроин ($\text{Fe}(\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2)_3\text{SO}_4$), то окраска раствора будет изменяться от красной до синей и обратно с периодичностью в несколько минут. В настоящее время открыто несколько наборов компонент, которые приводят к периодическим реакциям в пробирке. Один из механизмов, объясняющих реакцию Белоусова-Жаботинского, был предложен в 1972 г. Филдом, Керёсом и Нойесом (ФКН-механизм), и он имеет вид [13]:



Как видно, ФКН-механизм реакции Белоусова-Жаботинского довольно сложный (включает 13 реакций с 14 компонентами). Он был реализован с помощью экспериментальной установки, представляющей собой емкость, помещенную в термостат, к которой подведены трубки, по которым поступают растворы серной кислоты, малоновой кислоты, бромата натрия, сульфат церия и ферроина. Смесь в емкости перемешивается механической мешалкой, а избыток смеси выливается через сток (рис. 4).

Температуру раствора измеряют градусниками, а концентрации ионов — специальными датчиками, которые реагируют на определенные ионы. Например, в реакции БЖ такими ионами являются ионы брома Br^- . Очень часто при реакциях необходимо измерять кислотность среды (ионы водорода H^+ , показатель pH) и другие показатели. Равномерность

распределения температуры и концентрации реагентов в растворе достигается путем размещения емкости с реактивами в термостате и использования механических мешалок. В самом простом случае используется одна мешалка. Тогда задача заключается в том, чтобы определить, с какой скоростью должны поступать реагенты в емкость и с какой скоростью должна вращаться мешалка, чтобы концентрации реагентов были равномерно распределены по объему емкости, и температура раствора была одинаковой во всех частях емкости. Этого можно достичь, изменяя скорость вращения мешалок и скорость поступления реагентов в емкость, где происходит реакция.

Заключение

Экспериментальное оценивание полученных результатов показало, что разработанный подход может быть применен к различным техническим системам, в частности, для поддержания динамического равновесия колеблющегося стержня, для безопасного движения автомобиля, для управления неравновесной химической реакцией и др. Таким образом, области возможного использования предложенного подхода довольно широки. Разработанный подход может быть использован при описании моделей и алгоритмов поддержки принятия решений применительно к различным техническим системам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев В.И., Копыльцов А.В., Пальчун Б.П., Юсупов Р.М. Методы и модели оценивания качества программного обеспечения. СПб., 1992.
2. Воройский Ф.С. Информатика. Энциклопедический словарь-справочник: введение в современные информационные и телекоммуникационные технологии в терминах и фактах. М., 2011.
3. Кандель Э.Р. В поисках памяти. М., 2012.
4. Копыльцов А.А. Модель классификации информации и алгоритм ее предварительной обработки для статических и динамических объектов // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Серия «Информатика, управление и компьютерные технологии». 2013. № 6.
5. Копыльцов А.А. Обработка информации в живых и технических системах // Материалы XIII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика — 2012» (24—26 октября 2012 г.). СПб., 2012.
6. Копыльцов А.А. Обработка слабо формализованной информации в живых и технических системах // Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, магистров, аспирантов «Современное программирование» (16—17 апреля 2014 г.). Нижневартовск, 2014.
7. Копыльцов А.А. Обработка слабо формализованной информации при недостатке информации // Материалы XIII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика — 2012» (24—26 октября 2012 г.). СПб., 2012.
8. Копыльцов А.А. Сохранение конфиденциальности данных при поддержке принятия решений на основе извлекаемой специальным образом информации // Материалы VIII Санкт-Петербургской межрегиональной конференции «Информационная безопасность регионов России» (23—25 октября 2013 г.). СПб., 2013.
9. Копыльцов А.А., Копыльцов А.В. Алгоритм обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Серия «Информатика, управление и компьютерные технологии». 2012. № 8.
10. Копыльцов А.А., Копыльцов А.В. Обработка слабо формализованной информации, поступающей от технических систем // Вестник Нижневартовского государственного гуманитарного университета. 2013. № 1.
11. Копыльцов А.А., Копыльцов А.В. Технические системы и слабо формализованная информация // Материалы XIII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика — 2012» (24—26 октября 2012 г.). СПб., 2012.
12. Копыльцов А.А., Нечитайленко Р.А. Кластерное атрибутивное описание объектов информационной обработки по понятийным частным и интегральным признакам // Материалы XII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика — 2010» (20—22 октября 2010 г.). СПб., 2010.
13. Копыльцов А.В. Компьютерное моделирование. СПб., 2005.

14. Копыльцов А.В. Об оценке качества программных продуктов // Проблемы информатизации (теоретический и научно-практический журнал). 1994. Вып. 3—4.
15. Рутковский Л. Методы и технологии искусственного интеллекта. М., 2010.
16. Хованов Н.В. Статистические модели теории квалиметрических шкал. Л., 1986.

REFERENCES

1. Vorobyov V.I., Kopyltsov A.V., Palchun B.P., Yusupov R.M. Methods and models for evaluating the quality of software. St. Petersburg, 1992.
2. Voroisky F.S. Computer Science. Encyclopedic glossary: introduction to modern information and communication technologies — Terms and Facts. Moscow, 2011.
3. Kandel E.R. Searching for memory. Moscow, 2012.
4. Kopyltsov A.A. Model of information classification and algorithm of its preliminary processing for static and dynamic objects // «LETI» Proceedings. Series «Science, Management and Computer Technology». 2013. № 6.
5. Kopyltsov A.A. Processing information in living and technical systems // Proceedings of XIII Saint Petersburg International Conference «Regional Informatics 2012» (October 24—26, 2012). St. Petersburg, 2012.
6. Kopyltsov A.A. Processing poorly formalized information in living and technical systems // Proceedings of all-Russian scientific-practical conference of students, masters and postgraduate students «Modern Programming» (April 16—17, 2014). Nizhnevartovsk, 2014.
7. Kopyltsov A.A. Processing poorly formalized information with the lack of information // Proceedings of XIII Saint Petersburg International Conference «Regional Informatics 2012» (October 24—26, 2012). Saint Petersburg, 2012.
8. Kopyltsov A.A. Maintaining the confidentiality of data in support of decision making on the basis of special extracted information // Proceedings of the VIII Saint Petersburg Interregional Conference «Information Security of Russian Regions» (October 23—25, 2013). Saint Petersburg, 2013.
9. Kopyltsov A.A., Kopyltsov A.V. Algorithm for processing poorly formalized information from technical systems // «LETI» Proceedings. Series «Science, Management and Computer Technology». 2012. № 8.
10. Kopyltsov A.A., Kopyltsov A.V. Processing poorly formalized information from technical systems // Nizhnevartovsk State University of Humanities Journal. 2013. № 1.
11. Kopyltsov A.A., Kopyltsov A.V. Technical systems and poorly formalized information // Proceedings of XIII Saint Petersburg International Conference «Regional Informatics 2012» (October 24—26, 2012). St. Petersburg, 2012.
12. Kopyltsov A.A., Nechitailenko R.A. Cluster attribution of information processing objects in terms of individual and integral characteristics // Proceedings of XII Saint Petersburg International Conference «Regional Informatics 2010» (October 20—22, 2010). St. Petersburg, 2010.
13. Kopyltsov A.V. Computer modeling. St. Petersburg, 2005.
14. Kopyltsov A.V. Assessing software quality // Problems of Informatization (theoretical and research journal). 1994. № 3—4.
15. Rutkovsky L. Methods and technologies of artificial intelligence. Moscow, 2010.
16. Khovanov N.V. Statistical models of qualimetric scales theory. Leningrad, 1986.