

Запропонована нова методологія дослідження, яка дозволяє повністю формалізувати процедуру побудови математичних моделей складних систем будь якої фізичної природи, та за їх допомогою ефективно вирішувати задачі діагностики стану, прогнозу поведінки та оптимізації вивчаємих систем

Ключові слова: ідентифікація, діагноз стану, прогноз, оптимізація

Предложена новая методология исследования, позволяющая полностью формализовать процедуру построения математических моделей сложных систем любой физической природы, и с их помощью эффективно решать задачи диагностики состояния, прогноза поведения и оптимизации изучаемых систем

Ключевые слова: идентификация, диагностика состояния, прогноз, оптимизация

A new survey methodology, which allows fully formalize the process of constructing mathematical models of complex systems to any physical nature, and using them effectively to solve problems of diagnostics and prediction of behavior and optimization of systems being studied

Key words: identification, diagnostic status, prognosis, and optimization

НОВЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИДЕНТИФИКАЦИИ, ДИАГНОСТИКИ, ПРОГНОЗА И ОПТИМИЗАЦИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

М. Д. Кац

Доктор технических наук, профессор
Кафедра вычислительной математики и компьютерных технологий
Рубежанский технологический институт
Восточнoукраинского национального университета
им. В. Даля
E-mail: mdkats@is.ua
ул. Ленина, 31. г. Рубежное, Луганская обл., 93009

1. Введение. (Возможности известных методов математического моделирования для изучения и совершенствования «больших» систем)

Практически все реальные объекты окружающего нас мира по своим информационным характеристикам относятся к классу «больших» систем.

«Большая» система (БС) - это объект (процесс, система, явление) любой физической природы, который может быть представлен в виде «чёрного ящика» и обладает следующими информационными характеристиками:

- высокой размерностью вектора входных параметров ($n > 8$) и выходных показателей ($k > 1$).
- существенной зависимостью выходного показателя от взаимного влияния различных сочетаний входных параметров.

Именно такими информационными характеристиками обладают практически все объекты окружающего нас мира, в том числе все действующие технологические процессы в металлургии, химии, нефтепереработке и других отраслях промышленности.

При изучении и совершенствовании «больших» систем с помощью известных методов математического моделирования возникает ряд серьезных проблем:

1.1. По существующей парадигме ни один специалист по таблице экспериментального материала (каж-

дая строка которой содержит значения входных параметров и выходных показателей, фиксируемых в режиме наблюдения за изучаемой системой) не может представить себе, как зависит выходной показатель более чем от 2-ух входных параметров [1].

1.2. Выбора перечня наиболее информативных для решения конкретной задачи входных параметров [2].

1.3. Структурной идентификации – выбора общего вида математической модели. [3].

1.4. Параметрической идентификации – оценки коэффициентов при каждом члене модели [4,5].

Применение известного метода наименьших квадратов для решения этой задачи корректно лишь в случае, если в экспериментальном материале соблюдаются следующие ограничения:

- входные переменные измеряются без ошибок;
- выходной показатель один, измеряется в континуальных шкалах и подчиняется нормальному закону распределения. (В реальном материале эти ограничения практически никогда не выполняются).
- выходной показатель должен быть один [6].

1.5. Свертки множества выходных показателей в обобщенный критерий.

В реальных «больших» системах, например, в технологических процессах, выходных показателей всегда более одного (показатели качества продукта, произ-

водительность, выход продукта на загруженное сырье, количество отходов, себестоимость и др.).

Между тем, корректные методы свертки множества выходных показателей в обобщенный критерий оценки эффективности работы изучаемой системы не известны [7,8].

Теоретический анализ и опыт практической работы показал, что применение известных методов математического моделирования для изучения реальных объектов (процессов, систем, явлений) в подавляющем большинстве случаев неэффективно [3].

Именно поэтому практически все существующие БС недостаточно изучены, соответственно, не оптимальны и имеют существенные резервы по повышению эффективности своего функционирования.

2. Интеллектуальная методология изучения «больших» систем

Для изучения и совершенствования БС разработана, апробирована и прошла широкую экспериментальную проверку в различных областях науки и техники принципиально новая интеллектуальная методология изучения «больших» систем (ИМИБС) любой физической природы [9, 10, 11].

В рамках ИМИБС разработаны:

2.1. Метод восстановления одномерных зависимостей (МВОЗ).

МВОЗ - метод построения математической модели, с помощью которой осуществляется редукция изучаемой системы к ее элементарным свойствам – строится математическая модель $Y=Fi(Xi)$, $i=1,n$ (1), описывающая зависимости выходного показателя (Y) или комплекса выходных показателей (Yk) от каждого из n входных параметров (Xi) изучаемого объекта.

Алгоритм построения математической модели изучаемой системы с помощью МВОЗ [11, 12].

- Диапазон значений каждого из Xi делится на 3 поддиапазона и для каждого из них определяются средние значения XiDj ср. и соответствующие им значения Yj ср. По этим данным строятся графики зависимости выходного показателя от каждого из входных параметров.

С помощью МВОЗ решаются следующие методические проблемы:

- Оценки силы влияния каждого входного параметра Xi на выходной показатель Y (заданный комплекс выходных показателей Yk).

Сила влияния определяется как разность между средними значениями Y в лучшем и худшем поддиапазонах. После этого входные параметры сортируются по убыванию силы влияния на выходной показатель.

- Оценки резерва выходного показателя (заданного комплекса выходных показателей) по каждому из входных параметров.

Резерв выходного показателя определяется как разность между средними значениями Y в лучшем и средним значением Y во всех строках таблицы исходного экспериментального материала. После этого входные параметры сортируются по убыванию резерва выходного показателя.

- Выбора перечня существенных для решения конкретной задачи входных параметров.

Выбор перечня существенных входных параметров осуществляется по результатам оценки их силы и резерва по выходному показателю.

- Оптимизации изучаемой системы.

Оптимизация системы проводится следующим образом. Для каждого параметра Xi выбирается тот поддиапазон значений, которому соответствует лучшее среднее значение Y.

2.2. Метод мозаичного портрета (ММП)

ММП - метод построения математической модели, с помощью которой осуществляется редукция изучаемой системы к ее системным свойствам – строится математическая модель, описывающая зависимости выходного показателя (Y) или комплекса выходных показателей (Yk) от взаимного влияния различных сочетаний поддиапазонов значений входных параметров (Xi) изучаемого объекта [13,14.]. Построение мозаичной модели с помощью ММП осуществляется следующим образом:

- Диапазоны значений каждого входного параметра Xi делят на 3 поддиапазона из условия попадания в каждый поддиапазон примерно одинакового количества опытов.

- Переходят к измерению значений Xi в дискретных шкалах (все значения Xi, попавшие в 1-ый поддиапазон, кодируются 1, во 2-ой поддиапазон -2, 3-ий поддиапазон 3.

- Переходят к измерению значений Y в дискретных шкалах.

Если выходной показатель один – выбирают границу, разделяющую значения Y на хорошие и плохие. «Хорошие» значения Y обозначаются 1, «плохие» - 0.

Если выходных показателей более одного – осуществляют их свертку в обобщенный критерий и выбирают границу, разделяющую опыты на хорошие и плохие. «Хорошие» значения Y обозначаются 1, «плохие» - 0.

- Ищут сочетания кодов поддиапазонов входных параметров Xi, которые встречаются в строках «хорошего» класса и не встречаются ни в одной строке «плохого».

- Затем ищут сочетания кодов поддиапазонов входных параметров, которые встречаются только в строках «плохого» класса (в которых Y=0) и не встречаются ни в одной строке «хорошего» класса (в которых Y=1).

Полученные с помощью ММП высказывания (определенные сочетания кодов поддиапазонов входных параметров) однозначно интерпретируются на языке соответствующей предметной области как истинные гипотезы, описывающие системные зависимости выходного показателя (заданного комплекса выходных показателей) от взаимного влияния различных сочетаний входных параметров.

Например:

- при решении задач диагностики близких по проявлениям заболеваний как специфичные для каждого конкретного заболевания дифференциальные синдромы;

- при оценке способностей к определенным видам работ как специфичные для каждой работы тест-комплексы и т.п.

Основными достоинствами моделирования сложных систем с помощью дискретных методов являются

отсутствие этапов структурной и параметрической идентификации.

Основным недостатком – экспоненциальный рост затрат времени на построение модели от размерности вектора входных параметров.

В ММП решена задача существенного сокращения затрат на построение модели – они пропорциональны количеству входных параметров.

2.3. Методы оптимизации изучаемой системы по математической модели, полученной с помощью ММП.

2.3.1. Метод логического программирования [15-18].

С помощью МЛП решается задача оптимизации изучаемой системы по ее мозаичной модели.

Если рассматривать каждое высказывание мозаичной модели «хорошего» класса как простое истинное, а каждое высказывание, «плохого» класса как простое ложное, то составное высказывание, содержащее оптимальные поддиапазоны всех параметров будет истинным в случае, если оно получено путем объединения простых истинных высказываний и не содержит ни одного ложного.

На этом принципе основан метод логического программирования. Сначала строят все возможные составные высказывания (содержащие все n входных параметров) по мозаичной модели «хорошего» класса, затем проверяют, не содержат ли они хотя бы одного высказывания «плохого» класса.

Различные составные высказывания, содержащие только фрагменты «хорошего» класса, представляют собой логическую модель, по которой должно осуществляться управление процессом.

2.3.2. Метод ситуационного программирования (МСП) [19].

В случае, когда в изучаемом технологическом процессе имеются неуправляемые параметры (например, показатели качества сырья) для оптимизации процесса используется метод ситуационного программирования.

Суть МСП заключается в следующем.

Составляют перечень возможных сочетаний поддиапазонов значений неуправляемых параметров. Каждое такое сочетание представляет собой определенную ситуацию. Затем для каждой ситуации по аналогии с методом логического программирования строят модели оптимального управления путем объединения ее с высказываниями «хорошего» класса и проверяют их по плохому классу.

Выбирают те из них, которые не содержат ни одного высказывания «плохого» класса. Затем сравнивают их между собой.

Возможны 3 варианта:

- чаще всего оптимальные управления для каждой ситуации различны;
- оптимальные управления для некоторых ситуаций различны;
- очень редко оптимальные управления одинаковы для всех ситуаций.

Если же для некоторых ситуаций не удастся построить модели оптимального управления, это свидетельствует о необходимости уточнить требования к неуправляемым параметрам.

2.4. Методы решения проблемы многокритериальности изучаемых систем.

2.4.1. Метод свертки множества выходных показателей в обобщенный критерий, измеряемый в дискретных шкалах. [20].

Свёртка множества выходных показателей в обобщенный критерий оценки эффективности работы производства осуществляется следующим образом. Для каждого частного выходного показателя Y_j задаются допустимые ограничения. По некоторым критериям, например, показателям качества продукта, ограничения задаются в технологической документации (регламенте производства).

Обобщенный показатель ($Y_{об}$) принимает значения 1 («хорошо») в тех строках таблицы экспериментального материала, в которых каждый частный выходной показатель Y_j удовлетворяет заданным ограничениям, и значение 0 («плохо»), если хотя бы один из частных критериев не удовлетворяет заданным ограничениям.

2.4.2. Метод свертки множества выходных показателей в обобщенный критерий, измеряемый в континуальных шкалах [21].

Свертка выходных показателей в обобщенный критерий эффективности, измеряемый в континуальных шкалах, осуществляется следующим образом:

1. Осуществляется переход к измерению значений каждого частного выходного показателя (Y_j) в диапазоне от 0 до 1. Для этого $Y_j \min$ принимаем равным 0, а $Y_j \max - 1$. Тогда диапазон вариации значений каждого из выходного показателя ΔY_j будет равен $Y_j \max - Y_j \min$.

Значение выходного показателя Y_j^* в k -ой строке таблицы исходного экспериментального материала пересчитывается по формулам:

$Y^*_{jk} = (Y_{jk} - Y_j \min) / (Y_j \max - Y_j \min)$, если по условиям задачи Y_j чем больше, тем лучше;

$Y^*_{jk} = 1 - (Y_{jk} - Y_j \min) / (Y_j \max - Y_j \min)$, если по условиям задачи Y_j чем меньше, тем лучше.

2. В качестве значения обобщенного выходного показателя для k -ой строки ($Y^*_{обk}$) выбирается минимальное значение Y^*_{jk} в этой строке:

$$Y^*_{обk} = Y^*_{jk \min}.$$

2.4.3. Метод компромиссной субоптимизации [22, 23].

Алгоритм построения модели компромиссного субоптимального управления, обеспечивающий существенное повышение эффективности работы изучаемого технологического процесса по комплексу заданных выходных показателей реализуется следующим образом:

1. Полученные с помощью метода восстановления одномерных зависимостей модели субоптимального управления для каждого из выходных показателей сравниваются между собой.

2. Если оптимальные поддиапазоны значений для некоторых входных параметров X_i этих моделей совпадают, то они переносятся в модель компромиссного субоптимального управления.

3. Если оптимальные поддиапазоны значений для некоторых входных параметров X_i этих моделей находятся рядом, например, в $D1$ и $D2$ или в $D2$ и $D3$, то формируются новые поддиапазоны, в которых минимальное значение соответствует середине предыдущего, а максимальное значение – середине последующего поддиапазонов.

4. Если оптимальные поддиапазоны значений для некоторых входных параметров X_i этих моделей находятся в поддиапазонах D1 и D3, то в модель субоптимального управления переносится поддиапазон D2 этих параметров.

3. Область использования ИМИБС

3.1. Построение адекватных математических моделей «больших» систем любой физической природы.

В ИМИБС все этапы построения математической модели формализованы, что гарантирует:

- Возможность корректной постановки задачи - любая задача сводится к формулировке "установить зависимость выходного показателя (заданного комплекса выходных показателей) от входных параметров изучаемого объекта".

- Возможность построить модель объекта (процесса, системы, явления) любой физической природы, информация о котором может быть представлена в виде таблицы, в каждой строке которой зафиксированы значения всех заданных при постановке задачи входных параметров и выходных показателей в одной его реализации (наблюдении, опыте).

- Объективность получаемых зависимостей.

Задача построения адекватной математической решается корректно в случае, если изучаемая система может быть представлена в виде «чёрного ящика», а информация о ее функционировании - в виде таблицы экспериментального материала, каждая строка которой содержит значения входных параметров и выходных показателей в одной ее реализации. Для существующих систем эта информация фиксируется в режиме наблюдения за их функционированием, а для разрабатываемых систем – по результатам специального образом спланированного эксперимента.

3.2. Решение задач диагностики состояния, прогноза поведения и субоптимизации «больших» систем любой физической природы.

По математической модели изучаемой системы (см. п.1) с помощью полностью формализованных процедур (без участия эксперта) корректно решаются 3 остальные задачи разработки, изучения и совершенствования «больших» систем: диагностики состояния, прогноза поведения и субоптимизации.

3.3. ИМИБС - методологическая основа корректного решения проблемы идентификации и субоптимизации действующих производств в металлургической, химической, нефтеперерабатывающей и других отраслях промышленности.

При изучении и оптимизации действующих химических, металлургических, нефтеперерабатывающих, биотехнологических и др. производств с помощью ИМИБС решаются следующие задачи:

- Объективной свертки экономических, экологических, энергетических, потребительских и пр. критериев в обобщенный показатель оценки эффективности работы изучаемого технологического процесса [20, 21].

- Повышения эффективности работы действующих производств одновременно по всем выходным показателям с помощью метода компромиссной субоптимизации [22, 23].

- Технологического аудита - оценки потенциальных (скрытых) резервов действующего производства по экономическим, экологическим, потребительским и другим критериям (в том числе по заданному комплексу критериев), которые могут быть реализованы за счёт оптимизации технологического режима на существующем оборудовании, с помощью существующих систем информационного обеспечения и управления, т.е. без дополнительных капитальных затрат [24].

- Построения математической модели действующего производства, несущей большой объём новой, нетривиальной, не известной ранее экспертам информации о закономерностях изучаемого процесса.

- Определение научно, технологически и экономически обоснованных требований к показателям качества сырья для каждого конкретного технологического процесса [25].

- Синтеза модели ситуационного управления, позволяющей для каждой ситуации, задаваемой определёнными сочетаниями поддиапазонов неуправляемых входных параметров (например, показателей качества сырья), найти соответствующее ей оптимальное управление [19].

- Обеспечения заданного качества функционирования технологического процесса при существенных вариациях состава сырья (в том числе при работе на некондиционном сырье, не соответствующим требованиям ГОСТов, ТУ и технологических регламентов) [26].

- Обеспечения необходимой технологической гибкости производства, позволяющей получать продукт, удовлетворяющий индивидуальным требованиям каждого из потребителей.

- Определения норм технологического режима, обеспечивающего стабильное получение продукта с заданным качеством при минимальной себестоимости.

- Определения норм технологического режима, обеспечивающего стабильное получение продукта с заданным качеством и максимальной прибылью.

- Определения норм технологического режима, обеспечивающего стабильное получение продукта с заданным качеством и максимальным выходом (что позволяет также одновременное решение задач энерго- и ресурсосбережения,

- снижения себестоимости и сокращения количества отходов производства) [27].

- Проведения экономически прибыльной экологизации действующих производств [28-30].

- Повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции.

- Формального анализа "сбоев" технологического режима и реализации управления процессом с целью устранения причин этих "сбоев" [31].

- Прогноза значений выходных показателей по известным значениям входных параметров в случаях, когда значения некоторых выходных показателей становятся известными через продолжительное время, например, в производствах красителей, микробиологии и т.п [32].

- Анализа управляемости процесса - оценки возможностей существующей системы управления обеспечить заданное качество его функционирования.

- Определения научно и технологически обоснованных требований к системам автоматического

управления технологическими процессами (АСУТП) [33, 34].

- Оценки экономически целесообразного уровня автоматизации.

- Оценки экономически целесообразного уровня метрологии.

- Интеграции отдельных стадий получения продукта в общий процесс с общим критерием оптимизации с целью получения конечного продукта с заданным качеством и суммарной минимальной себестоимостью (максимальной прибылью) по всем стадиям.

- Управления качеством продукта в действующих технологических процессах [35].

- Повышения эффективности функционирования действующих производств по комплексу заданных критериев, характеризующих эффективность работы изюхного технологического процесса [36- 39].

Например:

1. В результате оптимизации действующего технологического процесса получения сульфаминовой кислоты на Березниковском химическом заводе выходные показатели существенно возросли по сравнению с заданными в регламенте:

- выход продукта увеличился с 83.0% до 95.62% (на 12.62% абс. или на 15.2 % отн.);

- массовая доля основного вещества увеличилась с 83% до 95.6% (на 12.6% абс. или на 15.2 % отн.);

- содержание серной кислоты в продукте сократилось с 6% до 2.58% (на 3.42% абс. или на 57% отн.);

- удельная мощность возросла с 378.8 кг/час до 413.8 кг/час (на 9.24% абс. или на 2.44% отн [36].

По результатам работы было получено Авторское свидетельство № 1060565 на изобретение: «Способ получения сульфаминовой кислоты».

2. В результате оптимизации технологического режима доменной плавки на доменной печи № 3 Днепродзержинского металлургического завода им. Петровского расход кокса сократился на 7.6% отн., а производительность печи возросла на 12.6% отн. При стоимости кокса в 2007 г. 1000 грн./т. годовой экономический эффект только за счет сокращения расхода кокса составил 27.6 млн. грн/год [39].

При известных методах решения задачи повышения эффективности работы доменной печи по производительности и удельному расходу кокса возникают серьезные проблемы. В работе [40] для решения этой задачи были осуществлены следующие мероприятия:

- осуществлена рационализация технологии распределения шихты с целью создания оптимальной структуры столба шихтовых материалов в печи;

- внедрены новые АСУТП принятия своевременных и оптимальных решений по регулированию хода (автоматизированные системы сбора и обработки технологической информации, локальные системы регулирования).

- кроме того объектами автоматизации явились: контроль температуры поверхности засыпи шихты, система охлаждения и цеховые параметры.

Снижение удельного расхода кокса на выплавку чугуна от использования данных систем составляло 1-1.3% (1.15% ср.) при увеличении производительности на 0.5-1.5% (1.0 % ср.)

Таким образом, использование ИМИБС для оптимизации технологического режима позволило без

дополнительных затрат на внедрение новых систем управления повысить эффективность работы печи по сравнению с полученными по данным работы [40]:

- по удельному расходу кокса в $7.6 : 1.15 = 6.61$ раз;

- по производительности печи в $12.6 : 1 = 12.6$ раз.

3.4. ИМИБС - методологическая основа корректного решения проблем разработки новых технологических процессов и композиционных материалов.

При проведении научно-исследовательских работ с помощью ИМИБС решаются следующие задачи:

- На основном этапе разработки новых технологических процессов - внедрении в промышленное производство - осуществляется определение норм технологического режима, обеспечивающих стабильное получение продукта с заданными значениями выходных показателей [41].

- При разработке новых композиционных материалов любой физической природы (металлов, сплавов, резин, пластмасс, катализаторов, выпускных форм красителей и пигментов, смесевых лекарственных форм и т.п.) ставится и решается задача: "Определить перечень компонентов смеси, их соотношения и найти оптимальные условия переработки смеси в материал, обладающий заданным комплексом потребительских свойств" [42-45].

3.5. ИМИБС - методологическая основа корректного решения проблем направленного синтеза химических соединений определенного класса, обладающих заданным комплексом потребительских свойств.

Одной из самых серьезных и актуальных задач науки является проблема направленного синтеза новых химических соединений, обладающих заданным комплексом свойств.

Несмотря на достаточно глубокий анализ в литературе конкретных методов выявления соотношений структура – активность, традиционно применяемые подходы моделируют лишь частные аспекты действия химического соединения и не позволяют дать комплексную оценку его свойств, что существенно повышает риск использования предполагаемого лекарства на стадии эксперимента и в клинике [46].

Например, из каждых 800 -1000 вновь синтезированных красителей только 1-2 оказываются пригодными для практического использования [47].

С помощью ИМИБС эффективно решаются следующие задачи:

- Построения адекватной (гомоморфной) математической модели зависимости заданного комплекса потребительских свойств от их химического строения для определенного класса химических соединений.

- Прогнозирования потребительских свойств новых, неизвестных ранее соединений изучаемого класса, по их химическим формулам.

- Формального синтеза химических формул новых, неизвестных ранее соединений изучаемого класса, потенциально обладающих заданным комплексом потребительских свойств [48-54].

Например, с помощью метода мозаичного портрета была построена математическая модель зависимости комплекса выходных показателей (устойчивость к свету, устойчивость к сублимации, выбираемость при 1% выкраске) от химического строения дисперсных моноазокрасителей [48].

Экспериментальная проверка эффективности полученной модели была проведена следующим образом.

В качестве исходных данных были использованы химические формулы 273 дисперсных моноазокрасителей, входящих в отечественный ассортимент и ассортименты известных зарубежных фирм и синтезированные в институте химической технологии (г. Рубежное) в ходе поисковых работ. Для всех красителей были экспериментально определены устойчивость к свету, сублимации и выбираемости при 1% выкраске.

При построении модели каждому заместителю в определённом положении был присвоен соответствующий порядковый номер (код), что позволило описывать строение каждого красителя в виде соответствующего набора цифр.

Полученная модель состояла из 2-х подмножеств сочетаний элементов структуры красителя (в одно попали сочетания, встречавшиеся в исходном материале только у красителей, удовлетворяющим заданным требованиям по всем выходным показателям, а в другое - только те сочетания, которые в встречались в красителях, не удовлетворяющих хотя бы одному из этих требований).

С помощью этой модели решены следующие задачи.

3.5.1. Прогнозирование свойств новых, ещё не синтезированных красителей по их химическим формулам.

Были заданы формулы 73 новых соединений, планируемых для последующего синтеза. С помощью математической модели по каждой были предсказаны. Только для 10 формул было предсказано приемлемое качество соответствующих им красителей.

После прогноза был осуществлён синтез всех 73 красителей и экспериментальная проверка их свойств. Оказалось, что 9 из 10 "хороших" по прогнозу красителей полностью соответствовали заданным требованиям, а 1 по показателям устойчивости к свету и сублимации был на 0.5 балла хуже. (Впрочем точность оценки этих показателей по ГОСТу 97-33-61 как раз и составляет 0.5 балла).

В 12 случаях (16.5%) в математической модели не хватило информации для соответствующего прогноза, для 58 красителей (79.5%) прогноз и результаты экспериментальной проверки полностью совпали, для 3-ёх (4.1%) прогноз оказался ошибочным.

3.5.2. Направленный синтез химических формул красителей, потенциально обладающих комплексом заданных свойств.

С помощью формальных процедур по модели "строение-комплекс свойств" были синтезированы 16 формул ранее не известных моноазокрасителей. После химического синтеза и колористических испытаний оказалось, что качество 14 из них (87.5%) полностью соответствуют заданным ограничениям (устойчивость к свету ≥ 6 баллов, к сублимации ≥ 3 баллам, выбираемость при 1% выкраске - соответствующая. У 2-х красителей оценка по выбираемости была на 0.5 бала ниже заданной, что не превышает погрешности определения этого показателя по ГОСТу 97-33-61.

Сравнение даже нижней оценки эффективности синтеза, осуществленного с помощью ИМИБС (14 «хороших» красителей из 16), с верхней оценкой, полученной при использовании известных методов [47],

(2 из 800), показывает, что использование ИМИБС для решения проблемы направленного синтеза новых красителей и их колористических испытаний сокращает затраты времени и средств минимум в 350 раз.

3.6. ИМИБС – методологическая основа корректного решения 4-х основных задач медицины:

- Дифференциальной диагностики близких по проявлениям заболеваний.
- Ранней (или даже в латентном периоде) диагностики опасных для жизни заболеваний.
- Прогноза последствий или осложнений болезни по информации, полученной на ранней её стадии.
- Выбора оптимальной стратегии лечения конкретной болезни с учётом индивидуальных особенностей больного.

С помощью ИМИБС формально и эффективно решаются следующие методические проблемы медицины:

- Выбор наиболее сильных симптомов для решения конкретной задачи дифференциальной диагностики близких по проявлениям заболеваний.
- Выделение специфичных для каждого заболевания (из группы близких по проявлениям заболеваний) симптом - комплексов (дифференциальных синдромов).
- Исключение инвазивных и дорогих тестов при разработке методов дифференциальной диагностики без снижения её точности [55-60].

Разработанные с помощью ИМИБС методы дифференциальной диагностики трудноразличимых заболеваний, ранней диагностики опасных для жизни заболеваний, прогноза последствий или осложнений болезни, выбора оптимальной стратегии лечения конкретной болезни с учётом индивидуальных особенностей больного обладают существенной новизной и могут быть запатентованы.

Эффективность применения ИМИБС для дифференциальной диагностики и прогнозирования осложнений болезни в начальный период ее проявления подтверждена актами внедрения.

Например, применение метода прогнозирования основных осложнений острого инфаркта миокарда и основанное на нем целенаправленное лечение осложнений заболеваний позволило:

- в 20 городской больнице Ленинграда сократить летальность от инфаркта миокарда с 25% до 15% (на 40% отн);
- в клинической больнице № 23 г. Москвы сократить летальность от крупноочагового инфаркта миокарда на 36.8%, а от мелкоочагового на 45.1%.

3.7. ИМИБС – методологическая основа корректного решения задачи идентификации микроорганизмов.

С помощью ИМИБС решаются следующие задачи микробиологии:

- Оценка информативности тестов для решения конкретной задачи идентификации.
- Минимизация набора тестов (исключение дефицитных, дорогостоящих, продолжительных по времени и малоинформативных тестов) без снижения качества идентификации.
- Выделение специфичных для каждого микроорганизма тест - комплексов с целью эффективной формализации процедуры идентификации внутри семейств, родов, видов и др.

- Разработка формальных (компьютерных) методов идентификации микроорганизмов на основе тест - комплексов, специфичных для каждого из них [61, 62].

По результатам работы с использованием ИМИБС получен патент на изобретение № 84772 на «Способ таксонометрической идентификации энтеробактерий» от 25.11. 2006 г.

3.8. ИМИБС – методологическая основа корректного решения задачи тестирования способностей человека к определенному виду работ.

В настоящее время психологическое тестирование проводится по тестам и не может обеспечить достаточной точности.

С помощью ИМИБС для каждой градации решаемой задачи (оценки способностей, совместимости, пригодности для определённых видов работ и т.п.) находят специфичные тест – комплексы, которые встречаются в некоторых строках таблицы с этой градацией, и не встречаются ни в одной строке с другими градациями.

Кроме того ИМИБС позволяет существенно сократить набор тестов, используемый ныне для решения конкретной задачи без снижения точности оценок.

Разработка тест - комплексов для каждой конкретной задачи позволяет существенно повысить эффективность тестирования.

Например, при тестировании абитуриентов, которые поступают в высшее учебное заведение по специальности летчика, точность прогноза составляет:

- для группы годных – 37.5%,
- для группы негодных – 36.7%.

При использовании для тестирования тест- комплексов, полученных с помощью метода мозаичного портрета, точность прогноза составляет:

- для группы годных – 95 %,
- для группы негодных – 90 %.

Т.е. точность прогноза для годных и негодных возрастает в 2.5 раза [63].

3.9. ИМИБС – методологическая основа решения основной задачи искусственного интеллекта – формального получения новых, не известных ранее экспертам знаний, из экспериментальных данных.

В настоящее время существует множество различных определений искусственного интеллекта. Кроме того, ведется дискуссия о том, существует ли он вообще.

Директор института искусственного интеллекта А.И. Шевченко ответил на этот вопрос следующим образом. На вопрос о существовании ИИ следует дать отрицательный ответ: любая программа жестко приспособлена для данной конкретной задачи, алгоритм, вводимый в машину, не несет в себе семантики совершаемой работы [64].

В ИМИБС программное обеспечение универсально и позволяет строить математические модели систем любой физической природы.

С помощью ИМИБС решается основная задача искусственного интеллекта – получение с помощью полностью формализованных процедур из экспериментальных данных новых, не известных ранее экспертам системных знаний об изучаемой системе. Содержательная интерпретация полученных формально зависимостей на языке соответствующей предметной

области позволят внести существенный вклад в развитие соответствующей отрасли науки.

Именно поэтому ИМИБС может рассматриваться как методологическая основа искусственного интеллекта.

3.10. ИМИБС – методологическая основа алгоритма изобретения в прикладной науке и технологиях [65-67].

Поскольку при построении математических моделей действующих и особенно разрабатываемых «больших» систем генерируется большой объем новой, нетривиальной, не известной ранее экспертам информации о закономерностях изучаемого объекта (процесса, системы, явления), её использование для полностью формализованных в рамках ИМИБС методов решения задач диагностики состояния, прогноза поведения и оптимизации конкретных систем любой физической природы позволяет найти новые и более эффективные, чем известные, пути решения этих задач.

Кроме того, если при разработке технологического процесса или композиционного материала имеется патент-аналог, то в качестве исходной области исследования в пространстве входных параметров можно выбрать область, заданную этим патентом. С помощью ИМИБС всегда можно будет найти новую область, которой соответствуют более высокие значения выходного показателя (заданного комплекса выходных показателей) чем в патенте – аналоге.

Любая работа по разработке методов дифференциальной диагностики близких по проявлениям заболеваний, ранней диагностике опасных для жизни заболеваний, прогнозированию последствий и осложнений болезни, выбору оптимальной стратегии лечения конкретной болезни с учетом индивидуальности больного, идентификации микроорганизмов внутри определенного класса (семейства) и многие другие, выполненные с помощью ИМИБС, содержат большой объем принципиально новой информации и позволяют решать поставленные задачи значительно более эффективно, чем с помощью известных методов.

Следовательно, ИМИБС представляет собой формализованный алгоритм изобретения в области прикладной науки и технологий.

3.11. ИМИБС – методологическая основа кибернетики и системного анализа.

Основной задачей кибернетики и системного анализа является построение математической модели изучаемой системы по экспериментальным данным, полученным в режиме наблюдения за ее функционированием.

Математическое моделирование – основной метод кибернетики [68].

Построение математических моделей является основой всего системного анализа. Это центральный этап исследования любой системы. От качества модели зависит судьба всего последующего анализа» [69].

Недостатком системного анализа является то, что он находится на начальной стадии своего развития, его методологию никак нельзя назвать устоявшейся, а практическая применимость и эффективность во многом зависит от совершенства экономических, математических, логических методов и уровня конкретных знаний о сложнейших общественно-политических и

социально-экономических процессов, от возможностей получения соответствующей информации о них. с. 171.

Отсутствие специально построенной методологии системного анализа приводит к тому, что исследователи, решая новые по своему типу задачи, вынуждены пользоваться старыми, для иных задач построенными логическими средствами. Это не только приводит к аморфности, бесформенности в понимании существа и специфики системного метода, но и непосредственно отражается на эффективности исследования современных технических систем. с.181.

Построение логики и методологии науки, и в частности, системного анализа, является в настоящее время первоочередной задачей, требующей незамедлительного решения. Только по мере ее решения можно внести строгость и ясность в наше, пока еще интуитивное, понимание задач и методов системного анализа. с.182 [70].

ИМИБС позволяет с помощью полностью формализованных процедур построить содержательную математическую модель изучаемой системы любой физической природы по экспериментальным данным, полученным в режиме наблюдения за ее функционированием.

3.12. ИМИБС – методологическая основа выживания промышленных предприятий в условиях экономического кризиса.

С помощью ИМИБС практически без затрат решаются задачи энергосбережения, ресурсосбережения, сокращения отходов, повышения качества продукта в действующих производствах.

С помощью ИМИБС ставятся и решаются 2 основные задачи повышения эффективности работы действующих производств.

3.12.1. Получить продукт с заданными показателями качества и максимальным выходом продукта на загруженное сырье.

Из баланса сырье 1 + сырье 2 = продукт + отходы следует, что при увеличении выхода продукта (степени превращения сырья в продукт):

- увеличивается выход продукта и, соответственно, увеличивается производительность процесса;

- сокращаются расходные нормы сырья на единицу продукта и, соответственно, снижается его себестоимость;

- увеличение производительности и сокращение себестоимости продукта приводит к увеличению прибыли;

- из баланса сырье = продукт + отходы следует, что при увеличении выхода продукта сокращается количество отходов и, соответственно, затраты на их утилизацию.

Эта постановка задачи корректна в случае, когда доля затрат на энергоресурсы существенно меньше доли затрат на сырье. В случае, когда затраты на энергоресурсы существенны, предлагается следующая постановка задачи:

3.12.2. Получить продукт с заданными показателями качества и максимальной прибылью.

Решение этих задач приводит к существенному повышению конкурентоспособности производства, и дают ему шансы выстоять в условиях мирового экономического кризиса.

4. ИМИБС – методологическая основа комплексного решения проблем устойчивого инновационного развития [71, 72].

Перспективы существования мирового сообщества определяются в настоящее время концепцией "устойчивого развития". В первоначальной трактовке суть этой концепции заключалась в соответствующем пополнении природных ресурсов, которые потребляются в производственных процессах.

В настоящее время имеется множество определенных понятия "устойчивое развитие". Поэтому проще сформулировать цели, для достижения которых необходимо перейти к концепции устойчивого развития:

Обеспечить:

- возможность сохранять развитие в будущем при удовлетворении потребностей сегодняшнего дня.

- направленное изменение состояния территории, при котором высокое качество жизни обеспечивается на основе производства знаний без увеличения объемов потребляемых природных ресурсов.

- «самоподдерживающееся», то есть длительно существующее и не меняющееся по своим главным характеристикам, развитие.

- гармонизацию продуктивных сил, позволяющую удовлетворить необходимые потребности всех членов общества при условии сохранения и поэтапного воссоздания целостности окружающей природной среды, создания возможностей для равновесия между ее потенциалом и требованиями людей всех поколений.

- сохранение природы, "антитранжирный" принцип, устойчивое человеческое, социальное и экономическое развитие, сохранение культурных и духовных ценностей, рост человеческого и социального капитала.

Из приведенных выше целей "устойчивого развития" следует, что оно может быть только инновационным:

- необходимо совершенствовать действующие технологии с целью повышения эффективности их функционирования по потребляемым ресурсам, экологическим, потребительским и экономическим показателям;

- необходимо разрабатывать новые технологии, у которых эффективность функционирования по потребляемым ресурсам, экологическим, потребительским и экономическим показателям будет значительно выше, чем у существующих.

Т.е. при решении задач "устойчивого развития" на первый план выдвигаются методические проблемы. Проблема перехода к устойчивому развитию заключается в том, что, с одной стороны, имеются достаточно явные экологические проблемы и вполне осознаваемая проблема исчерпаемости природных ресурсов, а с другой стороны, даже на теоретическом уровне отсутствуют ясные способы решения этой проблемы экономически целесообразным образом.

С помощью ИМИБС все проблемы реализации устойчивого развития имеют экономически оптимальные решения. Поэтому ИМИБС помимо всего прочего представляет собой методологическую основу комплексного решения проблем устойчивого развития [73, 74].

5. ИМИБС – методологическая основа выхода Украины в лидеры мировой цивилизации [75]

Процветание любой страны определяется в первую очередь величиной положительного сальдо во внешне-экономической деятельности.

Возможность получения положительного сальдо определяется наличием высоконаучекомких (прорывных) технологий, позволяющих производить уникальную продукцию, или продукцию, пользующуюся спросом на мировом рынке, с меньшей себестоимостью и более высоким качеством, чем другие страны.

К сожалению, экспортный потенциал Украины в основном определяется продукцией металлургической, химической, нефтехимической, машиностроительной и металлообрабатывающей отраслей промышленности и сельского хозяйства, характеризующихся низкой наукоемкостью и, соответственно, низкими рентабельностью и конкурентоспособностью.

В настоящее время основными тенденциями в мировой экономике являются:

- создание наукоемких технологий с последовательной минимизацией доли материальных и энергетических ресурсов в общей себестоимости продукции;

- разработка информационных технологий (в которых доля материальных и энергетических ресурсов в общей себестоимости продукции стремится к нулю).

Коммерциализация имеющихся в Украине разработок в области высоких технологий (авиационных, космических, военных, биотехнологических и др.) сдерживается серьезной конкуренцией, необходимостью больших капиталовложений для поддержания мирового уровня разработок и рядом других объективных причин.

В последнее время наблюдается переход некоторых высокоразвитых стран от постиндустриального общества, характеризующегося преобладанием высоконаукоемких технологий, к информационному, в котором всё большая часть валового национального продукта получается за счет информационных технологий.

В отличие от индустриального в информационном обществе стратегическим ресурсом является не капитал, а информация. Информационное общество может позволить себе не изготавливать необходимые для него товары, производство которых требует высоких энерго- и ресурсозатрат или связано с загрязнением окружающей среды. Их проще покупать у других.

В Японии, например, которая собственной нефтью обеспечена лишь на 1% и только на 15% энергетическими ресурсами всех видов, разработки в области информационных технологий обеспечивают поддержание жизнеспособности экономики и покрытие расходов на импорт нефти, пищевых продуктов и сырья.

Несмотря на то, что Украина имеет высокий интеллектуальный потенциал (большое количество высококвалифицированных программистов и постановщиков задач), развитие информационных технологий в Украине проблематично. В этой области существует самая жесткая конкуренция – даже если развитые страны по каким-либо причинам не смогут затор-

мозить эти разработки, то заблокируют их выход на международный рынок.

Эффективность использования информационных технологий основана на создании программных продуктов, сочетающих формализованные знания самых квалифицированных специалистов в различных предметных областях и использовании возможностей компьютерной техники для колоссального сокращения трудозатрат на выполнение рутинных работ.

В отличие от информационных технологий, основанных на знаниях экспертов, в интеллектуальной методологии решена основная проблема искусственного интеллекта – формализована процедура извлечения новых, не известных ранее экспертам знаний, из экспериментальных данных. Эти знания представляются в виде формальных, непротиворечивых на используемом экспериментальном материале гипотез, отображающих зависимость выходного показателя (или любых комплексов этих показателей) от входных параметров. Полученные гипотезы однозначно интерпретируются на языке конкретной предметной области.

В настоящее время Украина монопольно владеет интеллектуальной методологией получения новых знаний, но, к сожалению, объемы ее практического использования ничтожны.

Широкомасштабное использование интеллектуальной методологии при решении важнейших научно-исследовательских и прагматических задач в самых разных областях науки и народного хозяйства позволит за счет получения товаров и услуг, обладающих высокой конкурентоспособностью, решить проблему получения достаточно высокого положительного сальдо во внешнеторговых операциях и обеспечить фактическую экономическую независимость Украины и существенный рост благосостояния ее населения.

Широкомасштабное использование интеллектуальной методологии во всех возможных сферах ее применения позволит Украине из индустриального общества, минуя постиндустриальную и информационную стадии развития, перейти к наиболее передовому – интеллектуальному обществу, в котором основная доля национального продукта будет получаться за счет интеллектуальных технологий, и тем самым обеспечить себе роль лидера мировой цивилизации.

6. Выводы

Для решения проблем, возникающих при моделировании «больших» систем любой физической природы разработана Интеллектуальная методология изучения «больших» систем (ИМИБС) любой физической природы. Она позволяет с помощью полностью формализованных процедур решать следующие задачи:

6.1. Методические:

- оценка силы влияния каждого входного параметра на выходной показатель (заданный комплекс выходных показателей);
- оценка резерва выходного показателя по каждому из входных параметров;
- корректный выбор существенных для решения конкретной задачи входных параметров;

- корректная свертка множества выходных показателей в обобщенный критерий оценки эффективности изучаемой системы;

- построения математической модели изучаемой системы $Y=Fi(Xi)$, $i=1, n$, с помощью которой осуществляется редукция изучаемой системы к ее элементным свойствам (эта задача решается с помощью метод восстановления одномерных зависимостей - МВОЗ);

- оптимизации изучаемой системы по модели $Y=Fi(Xi)$, $i=1, n$;

- построения математической модели изучаемой системы $Y=Fi(X1, X2, X3...Xn)$, $i=1, n$, с помощью которой осуществляется редукция изучаемой системы к ее системным свойствам (эта задача решается с помощью метод мозаичного портрета - ММП);

- оптимизации изучаемой системы по его мозаичной модели (эта задача решается с помощью методов логического программирования и ситуационного программирования).

6.2. Практические – решение задач идентификации, диагностики состояния, прогноза поведения и оптимизации сложных систем любой физической природы:

- оптимизация действующих технологических процессов в металлургии, химии, нефтепереработке и других отраслях промышленности;

- дифференциальной диагностики близких по проявлениям заболеваний;

- прогнозирования осложнений и последствий болезни по информации, полученной в начальный период ее проявления;

- изучение зависимости между строением химических соединений определенного класса и их свойствами;

- прогнозирования свойств новых химических соединений определенного класса по их химическим формулам;

- синтез химических формул неизвестных ранее соединений, обладающих заданным комплексом потребительских свойств;

- решение основной задачи искусственного интеллекта – получения новых, не известных ранее знаний из экспериментальных данных с помощью полностью формализованных процедур;

- и многих других практически важных задач.

Литература

1. Лем Станислав. Планета Земля. Век 21. Комсомольская правда 11. 08. 1992 г.
2. Орлов А.И. Методы поиска наиболее информационного множества признаков в регрессионном анализе. Заводская лаборатория. -1995. -№1. - с.56-58.
3. Войлов Ю.Г. Элементы теории систем и системного анализа. - Луганск: Изд-во ВНУ им. В. Даля. - 2002. - 310 с.
4. Демиденко Е.З. Вычислительные вопросы нелинейной регрессии. Заводская лаборатория. -1986. - №3. - с.51 - 54.
5. Горский В.Г. Симметрия по параметрам - причина априорной неидентифицируемости нелинейных моделей. Заводская лаборатория. - №5. -1987. с.50-54.
6. Петрович М.Л., Шлег Г.К. Робастные регрессии и сравнение методов Монте-Карло. Заводская лаборатория. - №3. - 1987. - с.41-48).
7. Жерихин В. Искажение мира. Нева. - №8. - 1987.- с.141-152.
8. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. - М.: Наука. 1981. - 488 с.
9. Кац М.Д. Методология изучения «больших» систем. ММ Деньги и Технологии, 4/2002, с.46-50.
10. M. Kats. Intellectual methodology of big system research - basis of the methodological complex solution of stable development problems. "System research and open system management", No.1, 2006 pp. 44-56.
11. Давиденко А.М., Кац М.Д. Новые методы изучения действующих производств и их возможности. Восточно – Европейский журнал передовых технологий, 6 (12), 2004, с. 189 – 193.
12. Кац М.Д., Давиденко А.М. Математическое моделирование и оптимизация технологического режима доменной плавки по информации, фиксируемой в режиме нормальной эксплуатации// Металлургическая и горнорудная промышленность. №3, 2007. с.15-20.
13. Кац М.Д. Автореферат диссертации на соискание ученой степени дтн. Разработка методов идентификации и субоптимизации для управления технологическими процессами малотоннажной химии. Харьков. 1992 г.
14. Кац М.Д. Новый метод моделирования химико-технологических процессов по экспериментальной информации. "Автоматизация химических производств", 2, 1982, с.13-19. Нитехим. Москва.
15. Кац М.Д. Метод оптимизации химико-технологических процессов по информации, получаемой в режиме нормальной эксплуатации. "Автоматизация химических производств", 2, 1980, с.5-8. Нитехим. Москва.
16. Кац М.Д. Субоптимизация действующих химико-технологических процессов формально-логическими методами. "Химическая промышленность", 10, 1988, с.55-5.
17. Кац М.Д. Оптимальный режим. ММ «Деньги и Технологии, 10/2002, с. 34-41.
18. M. Kats, V. Kestelman, A. Davidenko. Problems of production process optimization. Scientific Izrael – Technological advantages. №3,4 "Civil & materials engineering". vol. 4, 2002, p.60-65.
19. Кац М.Д. О построении ситуационной модели и ситуационном управлении химико-технологическими процессами. "Автоматизация химических производств", 5, 1980, с. 15-17.
20. Давиденко А.М. Экспериментальная проверка эффективности метода восстановления одномерных зависимостей при решении многокритериальных задач с помощью имитационного моделирования. Восточно-европейский журнал передовых технологий. №3, 2007, с.9-14.

21. Давиденко А.М., Кац М.Д. Разработка и экспериментальная проверка эффективности нового метода свертки частных показателей оценки эффективности работы технологических процессов в обобщенный критерий, измеряемый в континуальных шкалах. Восточно-европейский журнал передовых технологий. №5, 2007, с.50-54.
22. Кац М.Д., Давиденко А.М. Метод компромиссной субоптимизации – методологическая основа повышения эффективности технологических процессов одновременно по энергетическим, экономическим, экологическим и другим показателям. «Экология и промышленность». №4. 2008. с. 61-67.
23. Новакова А.В., Давиденко А.М., Кац М.Д. Метод компромиссной субоптимизации для решения многокритериальных задач. Восточно-европейский журнал передовых технологий. №5, 2009, с. 39-44.
24. Кац М.Д. Технологический аудит действующих производств. Текстильная химия, 1997, №3(12) Специальный номер, с.84-88.
25. Беккер М.А., Давиденко А.М., Кац М.Д. Определение научно, технологически и экономически обоснованных требований к показателям качества сырья для каждого конкретного технологического процесса. Восточно-европейский журнал передовых технологий. №5, 2009, с.31-34.
26. Кац М.Д., Савостьянов Н.И., Клыкова И.Е.. Использование некондиционного сырья для получения высококачественной продукции в химических производствах. "Химическая промышленность", 5, 1988, с. 52-53.
27. Кац М.Д., Шумова Л.А., Буфалова А.Е. Повышение эффективности использования производственных ресурсов на основе новой методологии исследования сложных технологических процессов. Вестник Восточно-Украинского Университета, научный журнал. Серия "Экономика", 1999, N 5 (20), с.177-179.
28. Кац М.Д. Экономически прибыльная экологизация действующих производств. Текстильная химия, 1998, №2(14) Специальный номер, с. 97-99.
29. Кац М.Д. К вопросу экологизации действующих производств. Metallургическая и горнорудная промышленность, 1, 1996, с.78-79.
30. Кац М.Д., Мыслин Т.Л., Славуцкая Л.М, Бойко В.Т. Безотходная технология получения 3-хлор-2- ацетиламиноантрахинона. "Химическая промышленность", 6, 1986, с.59.
31. Кац М.Д., Савостьянов Н.И. Формально-логический анализ причин ухудшения качества функционирования действующих химико-технологических процессов. "Химическая промышленность", 5, 1984, с.57-59.
32. Бирюков В.В, Павлов В.С., Кац М.Д. Построение логических моделей микробиологических процессов и их использование для задач прогнозирования. "Химико-фармацевтический журнал", 1, 1982, с.101-105.
33. Кац М.Д. О выборе управляемых переменных при разработке АСУТП. "Автоматизация химических производств", 1, 1981, с. 30-32.
34. Кац М.Д., Давиденко А.М., Поркуян О.В., Тошинский В.И. Некоторые проблемы повышения эффективности АСУТП и пути их решения. Восточно-европейский журнал передовых технологий. №4, 2007, с.39-44
35. Кац М.Д., Бикулов Ф.Х., Кошелев В.И. Об управлении качеством продукта в действующих химико-технологических процессах. "Химическая промышленность", 2, 1987, с. 47-49.
36. Кац М.Д., Савостьянов Н.И. Выведение на рабочий режим и субоптимизация процесса получения сульфаминовой кислоты. Химическая промышленность, 10, 1985. с.53-54
37. Кац М.Д., Давиденко А.М. Использование методов идентификации и субоптимизации для повышения эффективности действующих металлургических производств. Metallургическая и горно - рудная промышленность, 1999, 2-3, с.86-88.
38. Сталинский Д.В., Кац М.Д., Диденко С.П., Давиденко А.М. Возможности интеллектуальной технологии изучения и оптимизации металлургических производств. Сталь. 5. 2001 г. с.77-80
39. Грачев Ю.М., Кац М.Д., Давиденко А.М. Новый подход к решению задачи повышения эффективности доменной плавки одновременно по удельному расходу кокса и производительности. Metallургическая и горно - рудная промышленность, 2008, №5, с.142-145.
40. Денисов Ю.М., Никитин Л.Д., Морозов С.И., Марьясов Н.Ф., Бугаёв С.Ф. Основные результаты совершенствования технологии доменной плавки. Сталь//. – 1999, №5. - с. 22-24.
41. Кац М.Д., Невмывако В.П., Славуцкая Л.М. и др. Методология исследования при разработке новых химико-технологических процессов "Химическая технология", 4, 1984, с.3-5.
42. Кац М.Д., Пушкина Л.Л, Мороз В.А. и др. Разработка технологии получения выпускной формы хинакридонового пигмента с использованием метода логического программирования. "Химическая промышленность", 7, 1981, с. 17-18.
43. Кац М.Д. Планирование эксперимента при изучении сложных нелинейных объектов. «Химическая промышленность», 5, 1991, с.311-313.
44. Кац М.Д., Давиденко А.М. Методология разработки новых композиционных материалов, обладающих заданным комплексом физико-химических (потребительских) свойств. Вестник ХГПУ, выпуск 104, 2000 г., с.98-103.
45. M. Kats, V. Kestelman, A. Davidenko. Methodology of developing a new composite material with specified combination of physical and chemical properties or utilization qualities. Scientific Izrael - Technological advantages, № 1-2 "Civil engineering & materials engineering, vol. 5, 2003, h.138-143.
46. Волянский Ю.Л. и др. Компьютерное моделирование противомикробных средств: принципы, подходы, методы. – Харьков: Основа. 1994. – 208 с.
47. Голомб Л.М. Физико - химические основы технологии выпускных форм красителей. – Л. Химия. 1974. – 234 с.).

48. Кац М.Д., Мостославская Э.И. Зависимость между строением дисперсных моноазокрасителей и их потребительскими свойствами на лавсане. "Журнал прикладной химии", 9, 1983, с.2135-2141.
49. Кац М.Д., Кричевский Г.Е. Построение эмпирических зависимостей свойств органических соединений от их строения. "Технология текстильной промышленности", 4, 1979 – с.258-260.
50. Кац М.Д., Кричевский Г.Е. Математическая модель зависимости светостойкости дисперсных моноазокрасителей от их строения. "Технология текстильной промышленности", 5, 1979.- с. 60-63.
51. Кац М.Д., Лысун В.М., Кричевский Г.Е. Направленный синтез красителей с заданными светозащитными свойствами по отношению к полиамидным волокнам. – Известия ВУЗов. "Химия и химическая технология", т.27, №6, 1984, с.700-703.
52. Кац М.Д., Кричевский Г.Е. Построение зависимости между строением азосоединений бензольного ряда и их устойчивостью к фотодеструкции на полиэфирном волокне. "Журнал прикладной химии", 1, 1984, с.144-149.
53. Кац М.Д. Метод построения эмпирических зависимостей между строением и реакционной способностью органических соединений определенного класса. "Журнал прикладной химии", 1, 1984, с.180-182.
54. Кац М.Д., Лысун В.М., Мостославская Э.И., Кричевский Г.Е. Изучение зависимости между строением дисперсных моноазокрасителей и их светозащитными свойствами на полиамидном волокне. "Журнал прикладной химии", 5, 1988, с.1196-1199.
55. Яковлев Г.М., Ардашев В.Н., Кац М.Д. и др. Метод мозаичного портрета в прогнозировании осложнений инфаркта миокарда. "Кардиология", 6, 1981, с. 40-44.
56. Ардашев В.Н., Яковлев Г.М., Кац М.Д. и др. Прогноз исходов и осложнений острого инфаркта миокарда. Труды Военно-медицинской академии, т. 210, с. 62-67. Ленинград, 1982.
57. Лисовский В.А., Яковлев Г.М., Виноградский О.В., Ардашев В.Н., Кац М.Д., Мельников Н.Н. Прогноз исходов и осложнений острого инфаркта миокарда. – М.: Воениздат, 1987, с.126.
58. Кац М.Д. Использование искусственного интеллекта для разработки методов дифференциальной диагностики внутри групп трудно различимых заболеваний. Клиническая информатика и телемедицина. 1, 2004. с. 86-89.
59. M. Kats, V. Kestelman, A. Davidenko. Intelligent technology of complex systems study as a methodological background for development of high medical technologies. Scientific Izrael - Technological advantages, Issues 1-2, vol. 6, 2004, h.55-62.
60. Щедрунов В.В., Кац М.Д., Суханов Б.Н. Дифференциальная диагностика язвы и рака желудка с применением методов прикладной математики // Советская медицина. – 1987. - №8. – С.50-54.
61. Кац М.Д., Давиденко А.М., Деркач С.А. и др. Новый подход к идентификации микроорганизмов. Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. Медицина. Випуск 8. Харків, 2004, с. 100-101.
62. Кац М.Д., С.А. Деркач, О.М. Давиденко и др. Використання нових інформаційних технологій при ідентифікації мікроорганізмів. Клиническая информатика и телемедицина. №4. 2006, с.82 –85.
63. Кальниш В.В., Кац М.Д., Єна А.І., Давиденко О.М.. Ефективність використання моделей методу мозаїчного портрету у професійному психофізіологічному відборі. Доповіді Національної академії наук України, 2005, №2, 163-168.
64. Васильев И.В., Шевченко А.И. Искусственный интеллект. Формирование и распознавание образов. - Донецк: ДОН. ГИИИ. 2000. - 360 с.
65. Кац М.Д. Алгоритм создания изобретений при решении технологических и научных задач. «ММ Деньги и Технологии» 6/2003, с. 26-29.
66. M. Kats. Algorithm of the invention related to solution of technological or scientific problems. Scientific Israel – technological advantages. VOL. 6. 2004. No. 4 Nondestructive testing, p. 171- 182.
67. Кац М.Д., Давиденко А.М. Интеллектуальная методология изучения «больших» систем – методическая основа алгоритма изобретения при решении прикладных научных задач. Сборник научных статей 14 международной научно-практической конференции «Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов. Т.1. с. 252-263. Харьков, 2006 г.
68. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. – М.: Химия, 1985. – 448 с.
69. Войлов Ю.Г. Элементы теории систем и системного анализа. - Луганск: Изд-во ВНУ им. В.Даля. 2002. - 310 с.
70. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа. - Санкт-Петербург: Издательский дом «Бизнес–пресса». 2000. – с. 325.
71. Кац М.Д., Диденко С.П., Давиденко А.М. Интеллектуальная методология исследования «больших» систем – методическая основа комплексного решения проблем устойчивого развития. Сборник научных статей 13 международной научно-практической конференции: Экология и здоровье человека. Охрана водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов. (6 – 10 июня 2005 г., г. Щёлкино, АР Крым), Харьков, 2005 г. т.1, с. 236-249.
72. M. Kats. Intellective methodology of big system research - basis of the methodological complex solution of stable development problems . "System research and open system management", No.1, 2006 pp. 44-56. (Интеллектуальная методология исследования "больших" систем - методическая основа комплексного решения проблем устойчивого развития).
73. Кац М. Д. Стратегия вывода Украины в лидеры мировой цивилизации // Стратегія розвитку України (економіка, соціологія, право): наук. журн. - Вип. 1. 2003. - С. 147-154.
74. Кац М.Д. Стратегія державного управління економікою. Стратегія розвитку України (економіка, соціологія, право), 1-2, 2004, с. 137-146.
75. Кац М.Д. Концепция выхода Украины в лидеры мировой цивилизации. Тезисы докладов первой научно-практической конференции с международным участием «Компьютерное моделирование в химии и технологиях». Черкассы – 2008. с. 218-224.