

В.А. Колесников, Я.Ж. Байсагов

*Карагандинский государственный университет им. Е.А. Букетова
(E-mail: kolesnikov.vladimir@gmail.com)*

Метод аналогий и проектирование информационно-измерительных систем

В статье метод аналогий использован для анализа проектирования информационно-измерительных систем. Рассмотрены их характерные параметры и экономические показатели. Построена аналогия между информационно-измерительной системой, термодинамикой и микроэкономикой. Получено выражение, которое определяет правило выбора процессора при проектировании информационно-измерительной системы. Из него следует, что объем памяти процессора определен, в основном, произведением количества информации, поступающей от исследуемого объекта, и точности информационно-измерительной системы. Последняя, как правило, обратно пропорциональна отношению сигнал/шум и стремится к оптимальному значению при снижении уровня шума. Получена формула, которая показывает, что уменьшить цену отечественной информационно-измерительной системы и победить в конкурентной борьбе можно только за счет увеличения получаемой информации от датчиков (сенсоров).

Ключевые слова: информационно-измерительная система, термодинамика, микроэкономика, аналогия, объем памяти, быстродействие, оптимальное значение, цена, датчик.

Введение

Тенденция интегрирования различных научных направлений на стыке наук возникла достаточно давно. Существует множество примеров взаимопроникновения наук: физика–химия, химия–биология, биология–медицина и т.д. Возникающие при этом новые науки имеют характерные названия: химическая физика, биофизика, молекулярная биология, электрохимия, экологическая биофизическая химия. Междисциплинарный подход в современном естествознании всегда имеет место в явном или неявном виде, потому что практически любая серьезная научная проблема — комплексная и требует привлечения специалистов из множества областей.

Существуют чрезвычайно простые и универсальные законы функционирования и развития физического мира, применимые практически ко всем объектам. Выявление именно таких простейших законов, лежащих в самом основании всего мироустройства, позволит создать метод для действительного осуществления интеграции науки. В настоящее время этим методом является метод аналогий. В физике существует значительное количество примеров успешного использования метода аналогий, и это является предпосылкой того, чтобы придать аналогии статус одного из возможных методов научного познания. Дж. Максвелл сопоставил созданную им классическую теорию электромагнетизма с гидродинамикой несжимаемых жидкостей и подчеркнул значение такого подхода в науке [1]. В 7-м томе знаменитых фейнмановских лекций по физике глава 12 полностью посвящена электростатическим аналогиям.

В настоящее время мы имеем примеры использования физических аналогий и моделей для описания процессов совершенно различной природы. Так, например, энтропийные модели успешно применяются при анализе процессов миграции населения, обмена и распределения экономических ресурсов и др. [2]. Идеи и методы гидродинамики, нелинейных волновых процессов и теории кристаллизации использовались и используются до настоящего времени при построении теории грузовых и транспортных потоков в больших городах [3]. В [4–6] метод аналогий применялся для анализа таких физических процессов в гетерогенных средах, как электропроводность, теплопроводность и др.

Исходя из анализа литературных источников, в настоящее время можно выделить два основных аспекта применения метода аналогий:

1. Метод аналогий используется при обучении в качестве приема визуализации сложных и визуально непредставимых объектов и явлений.
2. Более важный аспект, который применяется реже, — использование метода аналогий как основы для переноса знаний одной науки на предмет другой.

В настоящей работе сделана попытка использования метода аналогий для анализа проектирования информационно-измерительных систем (ИИС), их характерных параметров и экономических показателей.

Метод аналогий. Термодинамика. Физика. Экономика

В настоящем разделе мы рассмотрим метод аналогий с примерами из физики и техники. Затем проанализируем аналогию между термодинамикой и экономикой. В таблице 1 показана аналогия, существующая между величинами в различных скалярных потенциальных полях [7], а в таблице 2 — аналогия между электрическими и акустическими переменными и параметрами [8].

Т а б л и ц а 1

Аналогия между величинами в потенциальных полях [7]

Параметр	Электростатическое поле	Электрического тока поле	Магнитостатическое поле	Тепловое поле
Потенциал	Потенциал U	Потенциал, U	Потенциал, Ω	Температура, T
Градиент	Напряженность электрического поля, E	Напряженность электрического поля, E	Напряженность магнитного поля, H	Градиент температуры, $\text{grad}T$
Постоянная, характеризующая свойства среды	Диэлектрическая проницаемость, ϵ	Электрическая проводимость, σ	Магнитная проницаемость, μ	Температуропроводность, a
Плотность потока	Электрическое смещение, D	Плотность тока, j	Магнитная индукция, B	Плотность теплового потока, q
Интенсивность источника	Плотность заряда, ρ_e	Плотность тока, j	Плотность магнитной массы, ρ_m	Плотность источника тепла, Q
Проводимость поля	Емкость, C	Электрическая проводимость, G	Магнитная проводимость, Λ	Тепловая проводимость

Т а б л и ц а 2

Аналогия между электрическими и акустическими переменными и параметрами [8]

Электрическая система	Акустическая система
Напряжение, U	Давление, P
Ток, I	Скорость частиц, v
Заряд, e	Смещение, u
Индуктивность, L	Плотность среды, ρ
Емкость, C	Акустическая емкость, $C_A = 1/\tau$
Сопротивление, R	Акустическое сопротивление, R_A

В последние годы число работ по использованию методов термодинамики в экономике резко возросло. Как отмечают швейцарские ученые А.Краузе и Р.Райхлин: «Сходство между макроэкономикой и термодинамикой поражает. Перспектива использования достижений термодинамики в исследованиях по экономике представляется многообещающей. Успех применения термодинамики в других, находящихся за пределами физики, областях, таких как теория информации или биология, демонстрирует применимость термодинамики в другой области, при условии, что базовые понятия последней строго определены» [9].

В работах В.И.Меркулова (Новосибирск) делается попытка воспользоваться методами термодинамики применительно к экономическим процессам. При этом он отмечает, что появляется возможность не только описать и глубже понять известные экономические процессы, но и получить для них количественные зависимости, допускающие более широкое применение [10]. Академик РАН В.М.Сергеев публикует монографию «Пределы рациональности. Термодинамический подход к проблеме экономического равновесия» [11].

Вернемся теперь к методу аналогий. В работе А.Краузе и Р.Райхлина предлагается следующая аналогия между термодинамикой и экономикой (табл. 3).

В монографии А.М.Цирлина [12] приводится аналогия между термодинамикой и микроэкономической системой (табл. 4).

Сравнение понятий термодинамики и экономики [9]

Термодинамика	Экономика
Энергия	Потенциальные материальные приобретения
Энтропия	Вариативность материальных приобретений
Температура	Размер потенциальных материальных приобретений
Давление	Готовность индивидов к разработке потенциальных материальных приобретений
Сила	Индивиды, стремящиеся к материальным приобретениям
Работа	Реализованные материальные приобретения
Тепло	Потери при распределении

Аналогии между термодинамическими и микроэкономическими системами и характеризующими их переменными [11]

Термодинамическая система		Микроэкономическая система	
Название	Обозначение	Название	Обозначение
Резервуар (обратимый теплообмен)	T_-	Экономический резервуар	p_-
Резервуар (необратимый теплообмен)	$q = \alpha(T - T_-)$	Монопольный рынок	$n = \alpha(c - p_-)$
Количество вещества	N	Запас ресурса	N
Химический потенциал	$H(N)$	ЭА, оценка ресурса	$p(N)$
Тепловая машина, температура	$T(t)$	Цена	$c(t)$
Свободная энергия, работа	A	Базисный ресурс	M
Работоспособность системы	E	Прибыльность системы	E
Энтропия системы	S	Связанный капитал	F
Производство энтропии	σ	Диссипация капитала	σ
Внутренняя энергия	U	Полный капитал	$U = M + F$

Различия между таблицами 3 и 4 связаны: во-первых, с различием между макроэкономической и микроэкономической системами; во-вторых, с различными подходами при выявлении аналогий. А.Краузе и Р.Райхлин исходили в своих рассуждениях из цикла Карно, а А.М.Цирлин — из второго начала термодинамики.

Однако, как и в случае аналогии между потенциальными полями (см. табл. 1), можно провести такую же аналогию и для таблиц 3 и 4 (табл. 5).

Аналогии между термодинамическими, макроэкономическими и микроэкономическими системами

Термодинамика	Макроэкономика	Микроэкономика
Энергия, A	Потенциальные материальные приобретения	Базисный ресурс, M
Энтропия, S	Вариативность материальных приобретений	Связанный капитал, F
Температура, $T(t)$	Размер потенциальных материальных приобретений	Цена, $c(t)$
Давление	Готовность индивидов к разработке потенциальных материальных приобретений	—
Сила	Индивиды, стремящиеся к материальным приобретениям	—
Работа, E	Реализованные материальные приобретения	Прибыль, E
Производство энтропии, σ	Потери при распределении	Диссипация капитала, σ

Используя данные таблиц 1–5, мы можем построить следующую аналогию между полем электрического тока, термодинамикой и микроэкономикой (табл. 6).

Аналогии между термодинамическими, электрическими и микроэкономическими системами

Термодинамика	Электрического тока поле	Микроэкономика
Энергия, A	Энергия поля, $A = CU^2/2$	Базисный ресурс, $M = ac^2(t)/2$
Энтропия, S	Энтропия поля, $S = NU^2/2kT^2$	Связанный капитал, $F = \beta M/c(t)$
Температура, $T(t)$	Потенциал, $U(t) = U_0 \sin \omega t$	Цена, $c(t) = c_0 \sin \omega t$
Производство энтропии, σ	Производство энтропии, $\sigma = S/t$	Диссипация капитала, $\sigma = F/t$

Метод аналогий и информационно-измерительные системы

Информационно-измерительные системы — это комплекс измерительных устройств, обеспечивающих одновременное получение человеком-оператором или ЭВМ необходимой информации о свойствах и состоянии какого-либо объекта [13–14].

Структурная схема любой ИИС может быть представлена так, как это показано на рисунке 1.

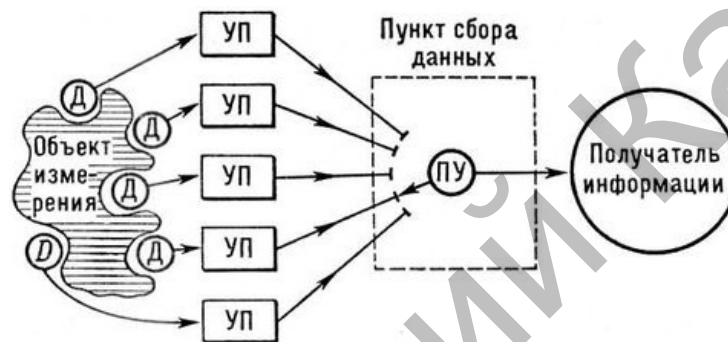


Рисунок 1. Структурная схема информационно-измерительной системы [12]

Датчики воспринимают различные параметры объекта измерения, унифицирующие преобразователи унифицируют и передают по каналам связи сигналы датчиков в единый пункт сбора данных. Программное устройство воспринимает информацию датчиков и передаёт её получателю информации. По такой структурной схеме строятся практически все ИИС, включая современные системы передачи информации со спутников и автоматических межпланетных станций.

Информационно-измерительная система является сложным объектом техники, имеющая ряд характеристик, основными из которых являются информационные и метрологические. Основные информационные характеристики следующие:

- информационный поток от объекта на систему в целом и на ее отдельные элементы;
- производительность элементов ИИС;
- число датчиков ИИС;
- требуемые объемы запоминающих устройств элементов ИИС.

Основными метрологическими характеристиками ИИС являются точность и достоверность измерений. Информационный поток от объекта зависит от его динамических характеристик и требований к точности измерений. В этом плане он не зависит от ИИС и является заданной величиной. Однако, как правило, этот поток является в значительной степени избыточным. Снижение избыточности может быть достигнуто:

- адаптацией структуры ИИС к решению конкретных задач и, соответственно, изменением перечня подключаемых датчиков и других источников информации, их числа и частот их опроса;
- обоснованием действительно необходимых норм точности;
- обоснованием действительно необходимого числа замеров в единицу времени (частоты опроса).

Что касается обоснования перечня и числа опрашиваемых датчиков, а также требуемых норм точности, то они определяются разработчиками ИИС, исходя из конкретных задач применительно к конкретному объекту, и обсуждение их в рамках настоящей работы не представляется необходимым.

До настоящего времени частота опросов определяется весьма приближенно и, как правило, интуитивно, на основании опыта специалистов и, в лучшем случае, экспериментально. При этом частота опросов становится существенно избыточной и может привести к таким требованиям к аппаратуре, что создание ИИС становится проблематичным или, по крайней мере, она становится существенно более громоздкой и дорогой. Занижение же частот опроса приводит к метрологической недостоверности результатов измерений.

Построим таблицу аналогий между термодинамикой, ИИС и микроэкономикой (табл. 7).

Т а б л и ц а 7

Аналогии между термодинамическими, ИИС и микроэкономическими системами

Термодинамика	ИИС	Микроэкономика
Свободная энергия, работа, A	Объем памяти, W	Базисный ресурс, M
Количество вещества, m	Число датчиков (каналов связи), n	Запас ресурса, N
Энтропия, S	Количество информации, I	Связанный капитал, F
Температура, $T(t)$	Точность ИИС, Δ	Цена, $c(t)$
Производство энтропии, σ	Производство информации, σ	Диссипация капитала, σ
Коэффициент полезного действия, КПД	Эффективность ИИС, η	Прибыльность системы, P
Внутренняя энергия, U	Энергоемкость ИИС, E	Полный капитал, $U = M + F$

Рассмотрим некоторые примеры использования таблицы 7. Наиболее важным параметром ИИС (как и для любой системы) является ее эффективность η . В термодинамике она соответствует коэффициенту полезного действия тепловой машины:

$$\text{КПД} = 1 - T_n / T_x, \quad (1)$$

где T_n и T_x — температуры нагревателя и холодильника соответственно.

Для ИИС уравнение (1) будет выглядеть так:

$$\eta = 1 - \Delta_{\text{вх}} / \Delta_{\text{вых}}, \quad (2)$$

где, согласно таблице 7, $\Delta_{\text{вх}}$ и $\Delta_{\text{вых}}$ — входная и выходная точность ИИС соответственно. Первая определяется чувствительностью датчика, а вторая — чувствительностью датчика и параметрами унифицирующего преобразователя (рис. 1). Из формулы (2) следует, что эффективность ИИС в значительной степени определяется структурой и параметрами УП и ПУ (рис. 1).

Если в качестве функции отклика Φ из работы [6] взять эффективность ИИС η , то получим

$$\eta = \frac{kT}{C} \cdot \frac{A}{G^0} \cdot m, \quad (3)$$

где A — работа (энергия); T — температура; G^0 — потенциал Гиббса; m — количество вещества; k — постоянная Больцмана; C — постоянная.

Используя таблицу 7, получаем следующее выражение для эффективности ИИС:

$$\eta = C_1 \frac{nW\Delta}{W - I\Delta}. \quad (4)$$

Здесь $C_1 = \text{const}$. Предельное значение $\eta = 1$, и из формулы (4) следует

$$W = \frac{I \cdot \Delta}{1 - C_1 n \Delta}. \quad (5)$$

Формула (5) определяет правило выбора процессора при проектировании ИИС. Из нее ясно, что объем памяти процессора определяется, в основном, произведением количества информации, поступающей от исследуемого объекта, и точности ИИС. Последняя, как правило, обратно пропорциональна отношению сигнал/шум и стремится к оптимальному значению при снижении уровня шума. Отметим, что правильный выбор процессора определяет в большей степени стоимость разрабатываемой ИИС. Выбор процессора с большой памятью не всегда оправдан. График функции $W(\Delta)$ схематически показан на рисунке 2.

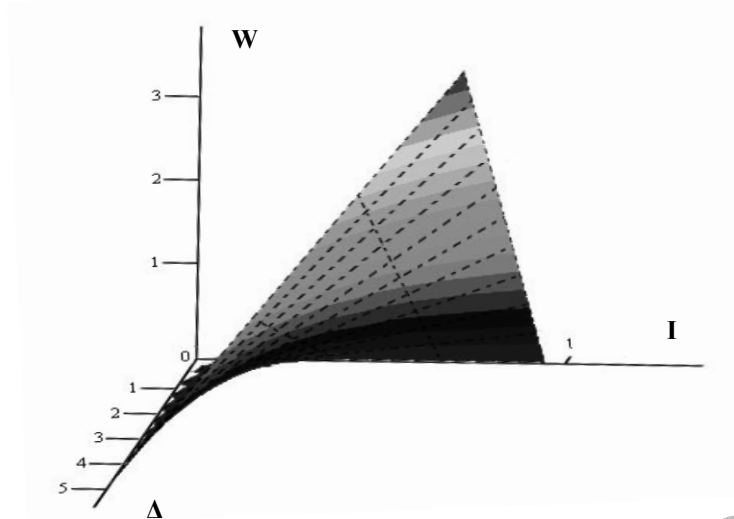


Рисунок 2. Зависимость объема памяти микропроцессора от точности ИИС

Рассмотрим еще один пример. Вероятность диссипативных процессов в термодинамической системе в большинстве случаев определяется законом Аррениуса:

$$p = \nu \exp(-Q / kT), \quad (6)$$

где $\nu = 1/\tau$, τ — время релаксации; Q — энергия активации.

Для ИИС τ — время срабатывания системы (быстродействие ИИС), а $Q = A = W$. С учетом (5) получим:

$$p = \frac{1}{\tau} \exp\left(-\frac{\alpha I}{1 - C_1 n \Delta}\right), \quad (7)$$

где α — коэффициент размерности.

Из формулы (7) следует, что потеря информации в ИИС тем меньше, чем больше время измерения τ и больше количество информации I от объекта. Необходимо сделать следующее замечание. Действительно, как это следует из (7), при замедлении переходного процесса (т.е. при увеличении τ) вероятность диссипативных процессов уменьшается. Однако на практике такой путь неприемлем, и наоборот, современные и будущие ИИС должны обладать большим быстродействием для передачи большого массива информации.

При однозначном преобразовании скалярной величины в векторную каждая составляющая последней требует существенно меньшей точности представления — в пределе может оказаться достаточно различать лишь два ее состояния: наличие или отсутствие сигнала. Хотя с увеличением количества составляющих (размерности векторного пространства) повышаются требования к надежности $1/w$ (т.е. вероятности w перехода сигнала в какую-либо из составляющих в другой интервал дискретизации), энергетическая цена точности представления всего числа уменьшается.

За счет отказа от скалярного представления и перехода к векторному можно получить зависимости [15]: $\Delta S \sim [\ln(1/\Delta)]^2$ — при разрядном способе кодирования, когда время τ увеличивается в $\ln(1/\Delta)$ раз; $\Delta S \sim \ln(1/\Delta)$ — при однопозиционном кодировании, когда $\tau \sim 1/\Delta$. Асимптотически наилучшим (в смысле произведения $\Delta S \cdot \tau$) является избыточное кодирование, по Шеннону, использующее разрядное представление с дополнительными (проверочными) разрядами. Здесь увеличение размерности векторного пространства позволяет обнаружить и исправить ошибки некоторой кратности, что понижает требования к вероятности p искажения (и отношению сигнал/шум) в одном разряде. При этом достигается $\Delta S \sim \ln(1/\Delta)$ с одновременным ростом времени лишь в $\ln(1/\Delta)$ раз.

Как указывалось выше, вероятность потери информации в ИИС уменьшается с увеличением количества информации от объекта (формула (7)). Такое увеличение возможно за счет увеличения чувствительности датчика, создания нового типа датчиков, новых способов измерений, совершенствования физического эксперимента, совершенствования систем приема и обработки информации. Ключе-

вое значение при этом имеет создание новых типов датчиков и систем приема и обработки информации на основе нанотехнологий [16–18].

В физических экспериментах стремятся, как правило, добиться повышения чувствительности (см., напр., [19–20]), т.е. снижения абсолютной среднеквадратической погрешности $\sqrt{\Delta l^2}$ и, соответственно, уменьшения разрешаемого интервала Δl_p . Пределы уменьшения $\sqrt{\Delta l^2}$ и Δl_p , конечно, ограничиваются энергией E , но энергетическая цена измерения определяется относительной точностью $1/\sigma$ ($1/\sigma$ равно отношению априорной среднеквадратической погрешности к апостериорной), а относительную точность эксперимента, как правило, искусственно уменьшают, прибегая к использованию эталонов, т.е. различного рода компенсационных схем. Сказанное относится к большинству — даже наиболее тонких и точных — экспериментов, начиная с классических опытов Майкельсона и кончая современными экспериментами по использованию эффекта Мёссбауэра и других.

Во всех подобных экспериментах, несмотря на высокую чувствительность, относительная точность $1/\sigma$ не превышала 10^3 . При этом, даже согласно худшей оценке, при $E/k = 300$ К в одном акте измерения необходимо рассеивать лишь 10^{-7} эрг. Если, однако, согласно [21], в обычных экспериментах высокая относительная точность и не очень нужна, то фундаментальные физические постоянные необходимо знать с высокой точностью. Тем не менее, все фундаментальные постоянные определены с относительной точностью, не превышающей 10^6 – 10^7 (см., напр., [22–24]). Один акт измерения с такой точностью требует рассеять ~ 1 эрг, что меньше реальных технических ограничений.

Термодинамические ограничения приобретают не только принципиальное, но и практическое значение в современных ИИС. Во-первых, передача информации на большие расстояния и ее получение связаны с большими потерями энергии на затухание сигналов. Во-вторых, эти системы характеризуются передачей и обработкой больших массивов информации с высоким быстродействием. В-третьих, современные ИИС оперируют многозначными числами весьма высокой точности.

Экономические аспекты проектирования ИИС

Экономические показатели проектирования и изготовления ИИС играют не менее важную роль, чем их технические и информационные характеристики, обеспечивая конкурентоспособность ИИС как на внутреннем, так и на внешнем рынке. Здесь мы рассмотрим вопрос об экономической эффективности проектирования ИИС на основе таблицы 8. Отметим, что предлагаемый нами подход отличается от традиционных [25–27] в плане функциональной связи не только с экономическими показателями предприятия или фирмы, но и собственно с основными характеристиками ИИС.

Согласно формуле (3) и таблице 8, для экономической эффективности проектирования и изготовления ИИС будем иметь следующее выражение:

$$\eta = C_1 \frac{N \cdot M \cdot c(t)}{M - Fc(t)}. \quad (8)$$

Формула (8) показывает, что эффективность проектирования и изготовления ИИС определяется, в основном, базовым ресурсом M и его запасом N , а также его ценой $c(t)$. Это практически соответствует стандартному подходу в экономике предприятий электронной промышленности [25, 26].

При максимальной эффективности $\eta = 1$ величина стоимости (цена) проектирования и изготовления ИИС будет определяться соотношением

$$c(t) = \beta \frac{M}{F + C_1 NM}. \quad (9)$$

Здесь β — коэффициент размерности. Связанный капитал F определяется, как все деньги, инвестированные фирмой или инвестором в производство продукции, которую они собираются продать.

Однако в современном ценообразовании имеет место процесс снижения доли «простых», материальных ресурсов при параллельном возрастании доли различных компенсаций — за программное обеспечение, разработку проектов, действие финансовых рынков, торговые марки и т.д. Происходят изменения в содержании и расстановке акцентов в самих составляющих цены. Так, реклама выступает преимущественно не как информирование о свойствах товара, а как средство обеспечения внимания (распространение имиджевой рекламы, элементов провокации, эпатажа). Все это оказывает существенное влияние и на изменение характера конкурентных отношений [27].

Введем теперь в формулу (9) основной параметр ИИС — объем памяти W , который является аналогом базисного ресурса M :

$$c(t) = \gamma \frac{W}{F + C_1 NM}. \quad (10)$$

Здесь γ — коэффициент размерности.

Формула (10) показывает увеличение стоимости ИИС с увеличением ее объема памяти и уменьшение стоимости ИИС с увеличением объема инвестиций F .

Капитал любой компании складывается из двух составляющих [28]: заемных средств F и собственных ресурсов M . У обоих источников есть свои преимущества и недостатки. Заемный капитал обычно менее дорогостоящий ресурс, чем собственный капитал. Это бывает в тех случаях, когда расходы на выплату процентов по займам ниже прибыли, получаемой от этих заемных средств. Кроме того, в отличие от дивидендов, которые считаются распределением прибыли, проценты рассматриваются как расходы и, следовательно, уменьшают налогооблагаемую базу.

Однако существенным недостатком заемных средств является необходимость погасить задолженность в строго определенный срок, независимо от финансового положения предприятия.

Анализ данных показывает [29], что компьютерные фирмы гораздо менее активно используют заемный капитал для финансирования своей деятельности.

Большинство гигантов компьютерного бизнеса создавались как венчурные компании, которые привлекают средства исключительно посредством выпуска акций или продажи уже существующего пакета внешним инвесторам (как правило, венчурным инвестиционным фондам). В такой модели доля заемного капитала является не столь значительной, как, например, у банков или добывающих предприятий [29]. Помимо этого, не стоит забывать и о региональных различиях. Например, американский бизнес предпочитает привлекать необходимый капитал на фондовом рынке, в то время как европейские менеджеры обращаются к банкам за кредитами. А поскольку среди компьютерных фирм большинство являются американскими, то они, соответственно, и выбирают первый вариант финансирования, что приводит к невысокому значению коэффициента финансового левериджа. Еще одна причина заключается в том, что доверие банков к традиционным отраслям экономики выше, чем доверие к компьютерному бизнесу. Это позволяет компаниям традиционного сектора с высокой репутацией получать значительные кредиты под относительно невысокие проценты.

В Казахстане пока не налажено производство современной вычислительной техники и элементов микроэлектроники. Венчурные компании и фонды создаются, как правило, в горнодобывающей, нефтегазовой отраслях и строительстве [30].

Перспективы проектирования и создания отечественных ИИС

Из предыдущего рассмотрения о ценообразовании проектирования и создания ИИС складывается впечатление о невозможности разработки современных отечественных ИИС. Однако это не так, и ситуация выглядит иначе, чем это кажется на первый взгляд.

Преобразуем формулу (9) к следующему виду, отбрасывая некоторые члены:

$$c(t) = \chi \frac{M}{I + C_1 n W} \approx \chi \frac{M}{I} \sim 1/I. \quad (11)$$

Формула (11) показывает, что уменьшить цену отечественного ИИС и выиграть в конкурентной борьбе, можно только за счет увеличения получаемой информации I от датчиков (сенсоров).

Это возможно в следующих случаях:

- путем создания новых типов датчиков (сенсоров);
- путем новых схематических решений по получению и обработке информации;
- путем использования отечественных материалов и ресурсов.

Рассмотренные направления реализованы в Научно-исследовательском центре «Ионно-плазменные технологии и современное приборостроение» КарГУ им. Е.А.Букетова при создании ИИС для измерения влажности зерна [31] и анализа вредных газов [32] при участии авторов настоящей статьи.

Остановимся подробнее на ИИС для анализа вредных газов. Структурная схема ИИС представлена на рисунке 3.

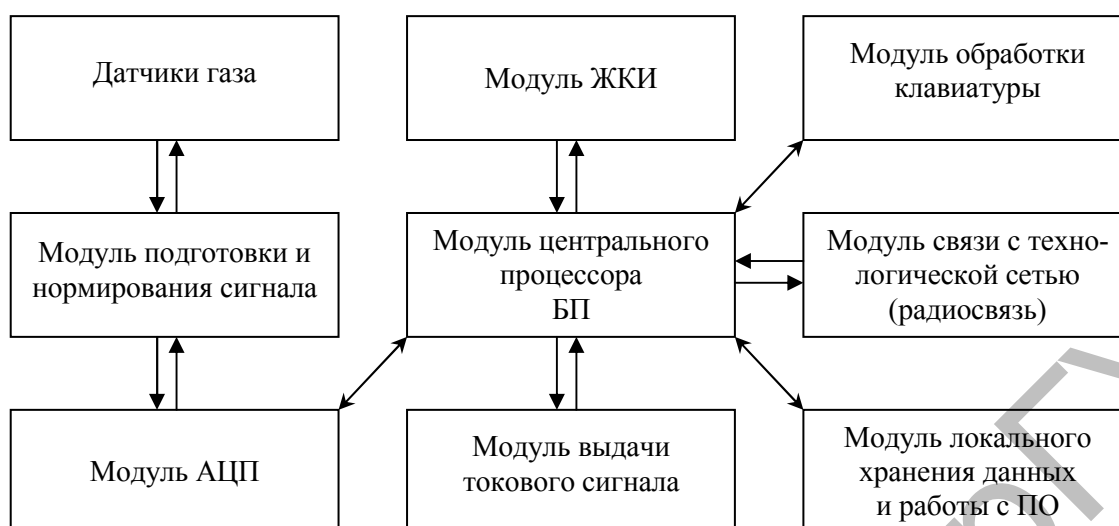


Рисунок 3. Структурная схема информационно-измерительной системы анализа вредных газов

Датчики вредных газов представляют собой специализированную ячейку – таблетку – сенсор на основе нанопористой керамики сульфата калия.

Существенным отличием разработанного нами твердоэлектrolитного газоанализатора вредных газов от существующих зарубежных аналогов является следующее:

- газочувствительные сенсоры зарубежных газоанализаторов представляют собой твердоэлектrolитные ячейки с нанесенными на них платиновыми электродами. Использование платиновых электродов связано с тем, что при нанесении электродов из других, более дешевых, металлов последние подвергаются электрохимической коррозии, что приводит к выходу из строя газоанализатора;

- газочувствительные сенсоры разработанных нами газоанализаторов представляют собой нанопористую керамику, впервые синтезированную нами, протекание тока в которой не приводит к электрохимической коррозии нанесенных электродов. Вместо платиновых электродов используются значительно более дешевые алюминиевые электроды. Это значительно снижает стоимость твердоэлектrolитного газоанализатора вредных газов в целом без ухудшения его технических характеристик в сравнении с зарубежными аналогами.

Модуль первичной подготовки, нормирования и усиления сигнала выполнен на основе малошумящего, ультра-прецизионного операционного усилителя со стабильными параметрами, модуль аналого-цифрового преобразователя основан на сигма-дельта АЦП (АЦП с уравниванием или балансом зарядов). Модуль центрального процессора исполнен в виде обособленной двухслойной печатной платы на базе маломощного 8-разрядного КМОП микроконтроллера, основанного на расширенной AVR RISC-архитектуре. За счет выполнения большинства инструкций за один машинный цикл контроллер достигает производительности 1 млн операций в секунду, что позволяет оптимизировать соотношение энергопотребления и быстродействия. На плате центрального процессора расположен блок питания системы и газоанализатора. Модуль работы с жидкокристаллическим дисплеем конструктивно выполнен на печатной плате центрального процессора и отвечает за вывод проанализированной и подготовленной информации на жидкокристаллическое табло — дисплей. Модуль обработки клавиатуры также расположен на печатной плате центрального процессора и служит для ввода в систему в «полевых» условиях служебной, настроечной и технологической информации, касающейся работы системы. Модуль связи с технологической сетью предприятия представлен в виде преобразователя интерфейсов, использующегося для интеграции системы в технологическую сеть промышленного предприятия или для связи с рабочим местом инженера, технолога, диспетчера или оператора предприятия. Модуль также предоставляет возможность подключения радиоканала (УКВ или GPRS) для удаленной связи с техническим или оперативным персоналом предприятия либо с контролирующим органом и т.д. Информационно-измерительная система легко адаптируется для интеграции в районную или городскую сеть контроля и оповещения МЧС или спецслужб.

Модуль выдачи токового управляющего сигнала выполнен обособленно в виде отдельной печатной платы и может синтезировать как токовый сигнал (например, пропорциональный количеству вредного газа в контролируемой среде и т.д.), так и сигнал на включение/отключение специализиро-

ванного промышленного технологического оборудования, сигнализации и т.д. Модуль локального хранения данных конструктивно выполнен на плате центрального процессора и представлен в виде накопительной flash-карты (SD-memory), информацию с которой (при отсутствии связи с верхним информационным уровнем) можно либо считать удаленно, либо извлечь карту физически. Данный модуль также отвечает за согласование аппаратной части системы с программным обеспечением верхнего информационного уровня.

Заключение

В новой экономике знания становятся более важным фактором экономического развития по сравнению с традиционными факторами конкурентоспособности — трудом и капиталом.

В цене товара компенсируются не только непосредственно природные ресурсы или сырье, используемое в производстве, но и в большей мере — затраты на вывод продуктов на рынок, в том числе в форме выплат владельцам интеллектуальной собственности разного рода лицензионных отчислений.

Сегодня конкурентоспособность не ограничивается текущим трудом или доступом к природным и финансовым ресурсам, но обязательно включает также ранее созданные интеллектуальные продукты — реальные технологии.

В настоящей работе мы стремились показать не только новый подход при анализе проектирования и создания ИИС, но и возможности их разработки, используя интеллектуальный потенциал отечественных исследователей.

Список литературы

- 1 Максвелл Дж.К. Избранные сочинения по теории электромагнитного поля. — М.: Гостехиздат, 1954. — С. 12.
- 2 Вильсон А.Дж. Энтропийные методы моделирования сложных систем. — М.: Наука, 1978. — 246 с.
- 3 Семёнов В.В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса // Препринт ИПМ им. М.В.Келдыша РАН. — М., 2004. — 32 с.
- 4 Портнов В.С., Юров В.М. Связь магнитной восприимчивости магнетитовых руд с термодинамическими параметрами и содержанием железа // Известия ВУЗов. Горный журнал. — 2004. — № 6. — С. 122–126.
- 5 Юров В.М., Ещанов А.Н., Портнов В.С. Математические модели электропроводности твердых тел // Математическое моделирование и информационные технологии в образовании и науке: Материалы III Междунар. конф. — Алматы, 2005. — Т. 1. — С. 234–237.
- 6 Яворский В.В., Юров В.М. Прикладные задачи термодинамического анализа неравновесных систем. — М.: Энергоатомиздат, 2008. — 336 с.
- 7 Бинс К., Лауренсон П. Анализ и расчет электрических и магнитных полей. — М.: Энергия, 1970. — 376 с.
- 8 Ольсон Г. Динамические аналогии. — М.: ИЛ, 1947. — 232 с.
- 9 Краузе А., Райхлин Р. Экономика как необратимая (неревверсивная) термодинамическая система // <http://finansbibl.ru/bibl/biblioteka/1.htm>.
- 10 Меркулов В.И. Опыт применения термодинамических методов в экономике // www.cemi.rssi.ru/emm/abst38.htm.
- 11 Сергеев В.М. Пределы рациональности. Термодинамический подход к проблеме экономического равновесия. — М.: Фазис, 1999. — 146 с.
- 12 Цирлин А.М. Математические модели и оптимальные процессы в макросистемах. — М.: Наука, 2006. — 500 с.
- 13 Ранеев Г.Г. Измерительные информационные системы. — М.: Изд-во МГОУ, 2003. — 536 с.
- 14 Информационно-измерительная техника и электроника / Под ред. Г.Г.Ранеева. — М.: Academia, 2006. — 452 с.
- 15 Поплавский Р.П. Термодинамика информационных процессов. — М.: Наука, 1981. — 255 с.
- 16 Гусев А.Н., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. — М.: Физматлит, 2001. — 224 с.
- 17 Шука А.А. Нанoeлектроника. — М.: Физматлит, 2007. — 464 с.
- 18 Москалюк В.А., Тимофеев В.И. Перспективные наноструктуры и наноконпоненты электроники // Электроника и связь. — 2010. — № 2. — С. 14–27.
- 19 Блохинцев Д.И. О взаимодействии микросистем с измерительным прибором // УФН. — 1968. — Т. 95, № 1. — С. 75–89.
- 20 Возенкрафт Дж., Джекобс И. Теоретические основы техники связи. — М.: Мир, 1968. — 356 с.
- 21 Уленбек Г. Фундаментальные проблемы статистической механики // УФН. — 1971. — Т. 103, № 2. — С. 275–318.
- 22 Брагинский В.Б. Физические эксперименты с пробными телами. — М.: Наука, 1970. — 178 с.
- 23 Вик Д. Проблема измерений // УФН. — 1970. — Т. 101, № 2. — С. 303–329.
- 24 Тейлор Б., Ландерберг Д., Паркер У. Фундаментальные физические постоянные // УФН. — 1971. — Т. 105, № 3. — С. 575–595.
- 25 Грицый А.В. Экономика предприятий радиоэлектронной промышленности. — Минск: БГУИР, 2006. — 135 с.
- 26 Садовская Т.В. Экономика предприятий радиоэлектронной промышленности. — Минск: БГУИР, 2007. — 152 с.

- 27 Балдин К.В., Уткин В.Б. Информационные системы в экономике. — М.: Дашков и К, 2008. — 236 с.
- 28 Бернштейн Л.А. Анализ финансовой отчетности: теория, практика и интерпретация. — М.: Финансы и статистика, 1996. — 624 с.
- 29 Гейтс Б. Бизнес со скоростью мысли. — М.: Эксмо-Пресс, 2001. — 241 с.
- 30 URL: www.mininginfo.kz.
- 31 Халенов О.С., Колесников В.А., Юров В.М. Датчики влажности на основе нанопористой керамики // Перспективные технологии, оборудование и аналитические системы для материаловедения и наноматериалов: Тр. VIII Междунар. науч. конф. — Ч. 1. — Алматы, 2011. — С. 487–494.
- 32 Колесников В.А., Халенов О.С., Касымов С.С., Байсагов Я.Ж. Информационно-измерительная система для анализа вредных газов // Хаос и структуры в нелинейных системах. Теория и эксперимент: Материалы 8-й Междунар. науч. конф. — Караганда: Изд-во КарГУ, 2012. — С. 468–472.

В.А.Колесников, Я.Ж.Байсагов

Жүйелердің ақпараттық-өлшегіштік ұқсастықтар әдісі және жобалау

Мақалада жүйелерді жобалауды талдау үшін ақпараттық-өлшегіштік ұқсастықтар әдісі қолданылды. Оларға тән параметрлер және экономикалық көрсеткіштер қарастырылған. Жүйе, жылу динамика және микроэкономикамен ақпараттық-өлшегіштік аралығында ұқсастық байқалған. Жүйенің ақпараттық-өлшегіштік жобалауды, яғни процесордың таңдауы ережесін, анықтайтын өрнек алынды. Процесор жадтың көлемімен анықталды, яғни зерттелетін объектен түсетін ақпарат саны және жүйенің ақпараттық-өлшегіштік дәлдіктің қосындысынан шығады. Әдетте соңғы дабыл/шу кері пропорционал қатынасқа және ұтымды мәнге шудың деңгейінің төмендеуінде ұмтылады. Жүйенің отандық ақпараттық-өлшегіштігіне бағаны азайту және (сенсорлар) датчиктерден тек қана ұлғаю есебінен алынатын мәлімет бәсеке күресте ұтысқа қол жеткізетін өрнек алынды.

V.A.Kolesnikov, Ya.Zh.Baysagov

Analogy method and design information-measuring systems

In this work analogy method is used to analyze the design of information-measuring systems. Considered their characteristic parameters and economic indicators. Constructed an analogy between the information-measuring systems, thermodynamics and microeconomics. We have a formula that determines the rule processor selection in the design of information-measuring system. It follows that the memory of the processor is determined primarily by the product of information from the object under study, and the accuracy of information-measuring system. The latter is usually inversely proportional to the signal / noise ratio and tends to the optimal value when the level of noise. A formula that shows that to reduce the price of the domestic information-measuring system and win the competition, only by increasing the information obtained from the sensors.

References

- 1 Maxwell J.K. *Izbrannye sochineniya po teorii elektromagnitnogo polya* [Selected writings on the theory of the electromagnetic field], Moscow: Gostehizdat, 1954, p. 12.
- 2 Wilson A.J. *Entropiynye metody modelirovaniya slozhnykh sistem* [Entropy methods of modeling complex systems], Moscow: Nauka, 1978, 246 p.
- 3 Semenov V.V. *Matematicheskoe modelirovanie dinamiki transportnykh potokov megapolisa* [Mathematical modeling of the dynamics of traffic metropolis], Moscow: Keldysh Institute of Applied Mathematics of Russian Academy of Sciences, 2004, 32 p.
- 4 Portnov V.S., Jurov V.M. *Izvestiya VUZov. Gornyy zhurnal* [Proceedings of the universities, the Mining Journal], 2004, 6, p. 122–126.
- 5 Jurov V.M., Eshanov A.N., Portnov V.S. *Matematicheskoe modelirovanie i informatsionnye tekhnologii v obrazovanii i nauke: Materialy III mezhdunar. konf.* [Mathematical Modeling and Information Technologies in Education and Science: Proceedings of the III Int. Conf.], Almaty, 2005, 1, p. 234–237.
- 6 Yavorskiy V.V., Jurov V.M. *Prikladnye zadachi termodinamicheskogo analiza neravnovesnykh sistem* [Applied problems in the thermodynamic analysis of nonequilibrium systems], Moscow: Energoatomizdat, 2008, p. 336.
- 7 Bins K., Laurenson P. *Analiz i raschet elektricheskikh i magnitnykh poley* [Analysis and calculation of electric and magnetic fields], Moscow: Energiya, 1970, 376 p.
- 8 Olson G. *Dynamic analogy*, Moscow: Inostrannaya literatura, 1947, 232 p.
- 9 Krauze A., Rayhlin R. *Economics as irreversible (non-reversible) thermodynamic system*, <http://finansbibl.ru/bibl/biblioteka/1.htm>.

- 10 Merkulov V.I. *Experience of application of thermodynamic methods in economics*, www.cemi.rssi.ru/emm/abst38.htm
- 11 Sergeev V.M. *Predely ratsional'nosti. Termodinamicheskiy podkhod k probleme ekonomicheskogo ravnovesiya* [Limits of a rationality. A thermodynamic approach to the problem of economic equilibrium], Moscow: Phasis, 1999, 146 p.
- 12 Zirlin A.M. *Matematicheskie modeli i optimal'nye protsessy v makrosistemakh* [Mathematical models and optimal processes in macrosystems], Moscow: Nauka, 2006, 500 p.
- 13 Raneev G.G. *Izmeritel'nye informatsionnye sistemy* [Measuring information systems], Moscow: MGOU Publ., 2003, 536 p.
- 14 *Informatsionno-izmeritel'naya tekhnika i elektronika* [Information and measuring equipment and electronics], Moscow: Academia, 2006, 452 p.
- 15 Poplavskiy R.P. *Termodinamika informatsionnykh protsessov* [Thermodynamics of information processes], Moscow: Nauka, 1981, 255 p.
- 16 Gusev A.A., Rempel A.A. *Nanokristallicheskie materialy* [Nanocrystalline materials], Moscow: Fizmatlit, 2001, 224 p.
- 17 Shchuka A.A. *Nanoelektronika* [Nanoelectronics], Moscow: Fizmatlit, 2007, 464 p.
- 18 Moskalyuk V.A., Timofeev V.I. *Elektronika i svyaz'* [Electronics and Communications], 2010, 2, p. 14–27.
- 19 Blokhintsev D.I. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Successes of physical sciences], 1968, 95, 1, p. 75–89.
- 20 Vozenkraft J., Jacobs I. *Teoreticheskie osnovy tekhniki svyazi* [Theoretical basis of communications technology], Moscow: Mir, 1968, 356 p.
- 21 Ulenbeck G. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Successes of physical sciences], 1971, 103, 2, p. 275–318.
- 22 Braginskiy V.B. *Fizicheskie eksperimenty s probnymi telami* [Physical experiments with test bodies], Moscow: Nauka, 1970, 178 p.
- 23 Vic D. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Successes of physical sciences], 1970, 101, 2, p. 303–329.
- 24 Taylor B., Landerberg D., Parker U. *Uspekhi fizicheskikh nauk* [Successes of physical sciences], 1971, 105, 3, p. 575–595.
- 25 Gritsay A.V. *Ekonomika predpriyatiy radioelektronnoy promyshlennosti* [Economy enterprises of electronic industry], Minsk: BSUIR Publ., 2006, 135 p.
- 26 Sadovskaya T.V. *Ekonomika predpriyatiy radioelektronnoy promyshlennosti* [Economy enterprises of electronic industry], Minsk: BSUIR Publ., 2007, 152 p.
- 27 Baldin K.V., Utkin V.B. *Informatsionnye sistemy v ekonomike* [Information systems in the economy], Moscow: Dashkov&K, 2008, 236 p.
- 28 Bernstein L.A. *Analiz finansovoy otchetnosti: teoriya, praktika i interpretatsiya* [Financial Statement Analysis: Theory, Practice and Interpretation], Moscow: Finansy i statistika, 1996, 624 p.
- 29 Gates B. *Biznes so skorost'yu mysli* [Business of the speed of thought], Moscow: Eksmo-Press, 2001, 241 p.
- 30 URL: www.mininginfo.kz.
- 31 Khalenov O.S., Kolesnikov V.A., Yurov V.M. *Perspektivnye tekhnologii, oborudovanie i analiticheskie sistemy dlya materialovedeniya i nanomaterialov: Trudy VIII mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Advanced technology, equipment, and analytical systems for materials and nanomaterials: Proceedings of the VIII International Scientific Conference], Almaty, 2011, 1, p. 487–494.
- 32 Kolesnikov V.A., Khalenov O.S., Kasymov S.S., Baysagov Ya.Zh. *Khaos i struktury v nelineynykh sistemakh. Teoriya i eksperiment: Materialy 8-y Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii* [Chaos and structures in nonlinear systems. Theory and experiment: Proceedings of the 8th International Conference], Karaganda, KSU Publ., 2012, p. 468–472.