

УДК 517.9

ПРОБЛЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СОЦИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.Л. Ляхов, С.П. Алешин

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

e-mail: LAL@pntu.edu.ua

Построение адекватных информационных моделей на основе априорных данных в плохо формализуемых областях деятельности социума, таких как образование, медицина, геология, экономика, ядерная энергетика, военно-промышленный комплекс, финансы и др., как правило, связано со значительными трудностями, обусловленными:

- большим количеством, измеряемым сотнями и даже тысячами, параметров систем при ограниченных выборках их текущих значений;
- неполнотой базы знаний о самих системах, что затрудняет постановку соответствующих математических моделей;
- неполнотой, искажениями и погрешностями текущих данных о системе;
- нелинейной взаимосвязью управляющих факторов с состояниями, ограничениями и ресурсами;
- требованиями интерпретации результатов.

Системы с такими особенностями относятся к разряду «сложных» [1,2].

В данной работе рассматриваются социотехнические системы [1], обладающие подобными характеристиками. Представляется естественным называть их «сложными социотехническими системами» (ССТС).

Сегодня можно с достаточной степенью уверенности говорить о доминирующей роли технического фактора в управлении внутренними системообразующими процессами в сложных социотехнических системах. Поэтому объективной основой уменьшения неопределенности и снижения рисков представляется разработка и внедрение современных информационных систем и технологий в управлении ССТС, что невозможно без адекватных информационных моделей.

Таким образом, ключевой проблемой управления ССТС является разработка подходов к построению адекватных информационных моделей таких систем.

В настоящее время существуют различные подходы к моделированию сложных систем. Известен подход [3,4], основанный на предположении, что известна модель распределения случайных величин (например, нормальное распределение) – априорных данных.

При таком подходе набор параметров, описывающих систему, определяется именно этим предположением (например, математическое ожидание, дисперсия, ковариационная матрица и т.п.). Такие параметры оцениваются по обучающей выборке, а решающие правила представляют собой линейные или квадратичные дискриминантные функции.

Однако при этом качество модели зависит от числа параметров, т.е. от исходных предположений, и объема обучающей выборки. При исследовании сложных систем как следствие возникает проблема устойчивости решений [5,6,7], что следует рассматривать как неадекватность подхода.

В настоящее время для моделирования систем широко применяется подход на основе байесовских стратегий проверки статистических гипотез [8,9,10], учитывающих

данные текущих измерений и экспертные знания, основанные на априорных данных.

Однако для сложных систем, обладающих указанными выше признаками, как показывает практика, байесовский подход также может приводить к потере адекватности модели. Продемонстрируем это утверждение примером [11,12,13].

Моделировалась социотехническая система в формате пространственно распределенная информационно–измерительная система (ПРИИС) оценки вектора состояния подвижных объектов.

Носителями информации об объектах являлись отраженные радиолокационные сигналы, принятые пространственно распределенными измерителями, трансформированные в обобщенную матрицу измерений. Моделировалась игровая дуэльная ситуация: ПРИИС стремилась сохранить в течение короткого времени (несколько десятков секунд) объем информационной матрицы, достаточный для устойчивой и качественной оценки вектора состояния каждого подвижного объекта. Объекты пытались физически и технически ее разрушить или хотя бы уменьшить ее размерность, или снизить информативность отдельных элементов.

В этих условиях, на основе байесовской стратегии и интегративных свойств системы [14,15], удалось повысить информационную устойчивость обобщенной матрицы измерений и решить поставленную задачу для известных моделей случайных распределений факторов и состояний. Также удалось теоретически обосновать и найти технические решения [16,17], подтверждающие на практике продуктивность выбранной стратегии и продуктивность проявления системных свойств социотехнической системы, что позволило количественно показать информационное превосходство системы измерителей информативных признаков над их автономным функционированием.

На практике это позволило сохранять заданные состояния обобщенной информационной матрицы меньшим числом радиолокационных измерителей ПРИИС, то есть сохранить свойства системы при понижении размерности пространства признаков из-за несанкционированной редукции их измерителей. Следовательно, управление социотехнической системы на примере ПРИИС доказало работоспособность и продуктивность байесовской стратегии при сделанных ограничениях.

Вместе с тем, стремительное развитие авиационной и радиолокационной техники изменило реальные условия применения ПРИИС, что потребовало соответствующих изменения модельных представлений о ее работе.

Например, предъявление подвижных объектов для распознавания и сбора информации о них моделировалось по закону Пуассона, когда вероятность появления этого события очень мала. Уравнение их движения учитывало лишь первые производные вектора состояния в силу скоротечности времени информационного контакта измерителей с объектами. Мешающий фактор, снижающий информативность измерителей, был локализован моделью „белого шума“, и описан нормальным законом Лапласа-Гаусса, что позволяло достаточно эффективно применять прямое и обратное преобразование Фурье для цифровой фильтрации сигналов в измерителях. Роль социальной подсистемы (операторы измерителей и эксперты состояния обобщенной информационной матрицы) сводилась к переключению режимов работы распределенной информационно-измерительной системы и была легко формализована в модели условным оператором «если – то» при моделировании изменений поведения объектов.

Однако новые условия применения ПРИИС характеризуются широким использованием совершенных средств постановки помех, что приводит к неполноте, искажениями и погрешностями в данных об объектах. Объекты следует рассматривать уже как взаимосвязанные элементы целой информационной инфраструктуры, активно воздействующей на ПРИИС огромным количеством факторов, учесть которых заранее крайне сложно. Неполнота знаний о новых технологиях разработки и применения объектов ПРИИС затрудняет постановку соответствующих задач математического моделирования ПРИИС как социотехнических систем. Благодаря научно-техническому прогрессу объекты ПРИИС приобрели качественно новые свойства, что приводит к существенно нелинейной взаимосвязью управляющих факторов с состояниями, ограничениями и ресурсами.

Таким образом, в новых условиях применения систему ПРИИС следует рассматривать уже как сложную социотехническую систему. Возможность аналитического описания таких условий применения и, следовательно, возможность применения подходов на основе байесовских стратегий является проблематичной.

Подобные проблемы возникают и в ряде других предметных областей, социально-экономическая важность которых, очевидна:

- эффективное управление материальными и финансовыми ресурсами предприятий, мониторинг рынка и прогнозирование продаж;
- продуктивное управление агропромышленным комплексом;
- поиск и классификация полезных ископаемых;
- интерпретация данных геофизических исследований;
- отождествление и классификация денежных знаков, ценных бумаг, антропологических данных в криминалистике;
- дифференциальная медицинская диагностика;
- менеджмент качества высшего образования;
- автоматизация процессов в промышленном производстве;
- экологический мониторинг и др.

Таким образом, представляется необходимой разработка новых методологических подходов к моделированию сложных социотехнических систем.

Далее формулируется ряд задач, в целом представляющих из себя один из возможных подходов к решению этой актуальной проблемы:

1. Разработка математической модели ССТС и нахождение формы представления данных, инвариантных предметной области;
2. Разработка способов и алгоритмов совместного использования экспертных знаний и эмпирических данных для оптимального прогнозирования поведения ССТС, в частности, на основе нейронной сети;
3. Синтез эффективных моделей ССТС в формате заданных дисциплинирующих условий;
4. Теоретические исследования параметров сходимости итерационных процессов, качества полученных оценок, достоверности и надежности решений;
5. Создание программного обеспечения, реализующего разработанные алгоритмы и применение его для решения прикладных задач в управлении ССТС в различных предметных областях.

Литература

1. Г. Саймон: Information-processing analysis of perceptual processes in problem solving. Psychological Review, 76, 473-483 (with M. Barenfeld), 1969.
2. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ.- М.: Высшая школа, 1989.- 367с.
3. Леонов А.Н., Васенев В.Н. и др. Моделирование в радиолокации. - М.: Сов. радио, 1979 - 264с.
4. Кондратьев В.С. и др. Многопозиционные радиотехнические системы / Под редакцией В.В. Цветнова / – М. : Радио и связь, 1986 – 264 с.
5. Бериков В.Б. Об устойчивости алгоритмов распознавания в дискретной постановке. // Искусственный интеллект, № 2, 2000. – с.5-8.
6. Дружинин В.В., Конторов Д.С. Проблемы системологии (проблемы сложных систем).- Сов.радио, 1976, 296с.
7. Симанков В.С., Луценко Е.В. Адаптивное управление сложными системами на основе теории распознавания образов. – Краснодар: ТУ КубГТУ, 1999. - 318с.
8. Барабаш Ю. Л. Коллективные статистические решения при распознавании.- М.: Радио и связь , 1983.- 224с.
9. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. – М. : Радио и связь , 1982.- 624с.
10. Алешин С.П. Комбинированный эллиптический метод определения координат целей в малобазовой многопозиционной радиолокационной системе одностипных РЛС ЗК ПВО СВ. Дисс. канд. тех. наук, Киев, КВЗРИУ , 1988 г.
11. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. 2-е изд. - М.: Наука, 1978.- 400с.
12. Полляк Ю.Г. Вероятностное моделирование на электронных вычислительных машинах. М.: Сов. Радио, 1971г.
13. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. - М.:Наука, 1981.- 488с.
14. Алешин С.П., Матвиевский Ю.Н., Машков Г.М., Терентьев В.Д. Способ определения местоположения объекта в малобазовой четырехпозиционной радиолокационной системе. Авторское свидетельство № 278561 от 18.03.88г – М., Государственный реестр изобретений СССР.
15. Алешин С.П., Матвиевский Ю.Н. , Машков Г.М., Терентьев В.Д. Способ определения местоположения объектов в четырехпозиционной радиолокационной системе. Авторское свидетельство № 291588 от 01.04.89г.- М., Государственный реестр изобретений СССР.
16. Алешин С.П., Воробьев С.А., Машков Г.М., Онищенко Ю.Г. Способ определения местоположения объекта в малобазовой четырехпозиционной радиолокационной системе. Авторское свидетельство № 319626 от 01.10.90г.- М., Государственный реестр изобретений СССР.
17. Алешин С.П., Васильченко А.С., Лобас Е.В., Онищенко Ю.Г. ,Таранников И.А. Способ определения суммарной дальности в бистатической радиолокационной системе. Решение о выдаче патента исх. № 11072 от 05.11.91г.- М., Всесоюзный НИИ государственной патентной экспертизы ВНИИГПЭ.