

УДК УДК 378 (075.8):517

ББК 22.12 я 7

ГРНТИ 47.43.15

Тукубаев З.Б., Тукубаев А.З, Туртаев М.Р., Абдурахманова З.А.
(Универсиет дружбы народов им.акад.А.Куатбекова)

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОТОТИПЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ

В настоящей статье на основе применения разработанного механизма выводов прототипа экспертной системы для прогноза погоды делается анализ статистических методов принятия решений на основе применения нечетких множеств и нечеткой логики. Программа составлена на языке Turbo Prolog.

Ключевые слова: статистические методы, механизм выводов, априорные вероятности, апостериорные вероятности, функция правдоподобия, экспертные оценки, нечеткие множества, условные риски, штрафные функции.

Введение

В “Послании” Президента Н.Назарбаева 2006 года [1] сказано: ... “для обеспечения оптимальной (эффективной) работы финансового центра (в г. Алматы) необходимо построить инфраструктуру, и в первую очередь, телекоммуникации... ”.

А в том же документе в [1] сказано: ... “ускорить осуществление проекта “Электронного Правительства”.

Для этого, в этом же году принять законы : “...об единой национальной системе идентификационных номеров ” и о внедрении соответствующих изменений в Закон “об информатизации”.

В настоящей статье на основе применения разработанного прототипа экспертной системы для прогноза погоды делается анализ статистических методов принятия решений на основе применения нечетких множеств и нечеткой логики.

Актуальностью разработанного прототипа экспертной системы заключается в том, что измерительные данные порой являются элементами нечетких множеств и используется при этом нечеткая логика.

Такие экспертные системы применяются во многих областях науки, образования, медицины, экономики, георазведке, юриспруденции , прогноза погоды и в других областях [2,3].

Основная часть

Измерение и оценка признаков (факторов таких как ветер, влажность, облачность и температура) для прогноза погоды производятся на основе экспертных оценок.

Эти факторы составляют элементы нечетких множеств F_1, F_2, F_3, F_4 .

Анализ методов принятия решений проводим в рамках следующих методов; метода максимального правдоподобия гипотез, максимальной апостериорной вероятности, метода Байеса и идеального наблюдателя- Котельникова-Зиггерта (КЗ) [4,5].

В рассматриваемой задаче по данным измерения можно определить априорные вероятности гипотез.

А методы минимаксный и Неймана-Пирсона удобны в случае неопределенной априорной вероятности и потому в данной работе не рассматриваются.

Области, где присутствуют факторы только одного события, а факторы другого события отсутствуют не рассматриваются.

В областях, где с большей вероятностью можно принимать решение в пользу одного события нет необходимости рассматривать события с очень маленькой условной вероятностью. Например, исключаются из рассмотрения летние и зимние дни, где вероятность дождя имеет мизерное значение.

Но, однако, при этом нет необходимости выделять определенные области рассмотрения; можно рассматривать всю обширную область, где присутствуют факторы хотя бы одного события.

Поэтому рассматриваемый алгоритм можно применить для случаев со многими факторами и событиями для решения разнообразных задач; например, для прогноза и определения типа заболевания в медицинской диагностике, для определения типа полезного ископаемого в георазведке, для прогноза погоды в метеорологии и других применениях.

При этом, в алгоритм и в программу только добавляются факторы и события, а в принципе алгоритм не изменяется.

При применении какого либо одного метода из вышеперечисленных условные риски или штрафные функции определяются по формулам [5]:

$r_1 = C_1 \times \alpha, r_2 = C_4 \times \beta$, где α, β – условные вероятности события при заданных факторах.

В рассматриваемой задаче α – условная вероятность принятия гипотезы $H_2, \alpha = P\{\gamma_2 / H_1\}$ – называется уровнем значимости испытания, а в теории обнаружения – вероятностью ложной тревоги; β – условная вероятность принятия гипотезы $H_1, \beta = Q\{\gamma_1 / H_2\}$ – называется мощностью правила выбора решения, а в теории обнаружения – вероятностью пропуска сигнала.

Выбор определенного статистического решения основывается на критериях и правилах [6,7,8].

Под критерием понимается некоторые условия, которым должно удовлетворять решение. Часто на практике используют экстремальный критерий, где решение должно максимизировать или минимизировать те или иные величины; например, условные или апостериорные вероятности.

Под правилом выбора решений понимается описание операции (действий), которые необходимо выполнить для получения решения, удовлетворяющее выбранному критерию.

В теории статистических решений под правилом можно понимать решающую функцию, которая определяет, то или иное решение при различных значениях аргумента или фактора.

При множестве факторов берется произведение их вероятностей, поскольку все факторы принадлежат одному и тому же событию и происходят одновременно [2].

Когда имеется один фактор в одномерном пространстве на основе принятого критерия определяется граничное значение фактора в виде точки, которая разделяет область на две части. В каждой из этих областей принимается одно определенное решение; для двухальтернативной задачи- γ_1, γ_2 , где γ_1 - принимается решение в пользу гипотезы H_1 , т.е. будет дождь, γ_2 - принимается решение в пользу H_2 , т.е. будет ясная погода.

для трехальтернативной задачи- $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ - где γ_1 - принимается решение в пользу гипотезы H_1 , т.е. будет дождь, γ_2 - принимается решение в пользу H_2 , т.е. будет ясная погода, а для γ_3 - принимается решение в пользу H_3 , т.е. будет снег.

При этом, для каждого события по каждому фактору строятся функции правдоподобия гипотез;

Для n факторов граничные значения определяются в n -мерном пространстве.

При этом, для каждого из решений γ_1, γ_2 , строятся n -параметрические вектора или функции правдоподобия гипотез.

При этом, самым простым правилом принятия решения является поиск максимума или минимума этих функций по всем параметрам.

Например, для K событий необходимо строить K различных n -параметрических функций.

С одной стороны, построение по экспериментальным измеренным данным таких функций не всегда возможно, а если возможно, то довольно трудоемко и сопровождается большими погрешностями в процессе обработки и аппроксимации.

С другой стороны, поиск экстремальных значений этих функций сопровождается их дифференцированием, что также не всегда возможно.

Еще одна причина отказа от традиционных методов принятия решений - это невозможность измерения некоторых факторов, например, таких как облачность; ведь невозможно подсчитать количество облаков в течение дня.

В настоящее время подобные задачи решаются по иному; с применением нечетких множеств и нечеткой логики.

При этом, непрерывные области, определяющие факторы условно разбиваются на дискретные подобласти, а границы этих подобластей определяются экспертной оценкой.

Далее, строятся статистические ряды распределения вероятностей событий для каждого фактора отдельно.

Эти статистические ряды определяют функции принадлежности нечетких множеств тому или иному событию.

Дальнейшее развитие метод получил в практическом приложении в трудах автора [3-6,9-11].

Исследование методов принятия решений проводим на базе примера прогнозирования погоды, который был рассмотрен в работе [2,8].

В этой работе рассматриваются такие факторы, как ветер, влажность, облачность и температура.

В качестве исходных данных были заданы – факторы F_1, F_2, F_3, F_4 и соответствующие этим факторам количества случаев H_1, H_2, H_3 которые были приведены в таблице 1.

Эти статистические данные будут определены заранее путем экспертных оценок и по ним будут вычислены априорные и условные вероятности событий. Как видно из таблицы каждый фактор разбит по уровню на три подуровня.

Например, фактор – облачность, по уровню разбит на 3 подуровня и обозначены так: ясно, облачно, пасмурно. А фактор - ветер также разбит на три уровня и обозначены как: слабый, умеренный, сильный.

В рассматриваемом примере для факторов F_1, F_2, F_3, F_4 построены нечеткие множества условных статистических частот или условных вероятностей этих факторов.

При этом, фактор F_1 - (Ветер) образует нечеткое множество (F_1', F_1'', F_1''') , где фактор F_1' - слабый ветер, F_1'' - умеренный ветер, F_1''' - сильный ветер; Фактор F_2 (Влажность) образует нечеткое множество (F_2', F_2'', F_2''') , где факторы, определяющие влажность; F_2' - высокая влажность, F_2'' - средняя влажность, F_2''' - низкая влажность; Фактор F_3 - (Облачность) образует нечеткое множество (F_3', F_3'', F_3''') , где F_3' - ясно, F_3'' - облачно, F_3''' - пасмурно.

Таблица 1.

Погода в день	Количество случаев на следующий день 263 дня.
---------------	--

наблюдения		Дождливой погоды (H_1) 53 дня; 0,2	Погоды без осадков (H_2) 150 дней; 0,57	Снегопад (H_3) 60 дней; 0
Ветер (F_1)	Слабый Умеренный Сильный	17; 0,320754 24; 0,452830 12; 0,226415	64; 0,426666 53; 0,353333 33; 0,22	29; 0,483333 17; 0,283333 14; 0,233333
Влажно сть (F_2)	Высокая Средняя Низкая	29; 0,547169 14; 0,264150 10; 0,188679	28; 0,186666 51; 0,34 71; 0,473333	31; 0,516666 16; 0,266666 13; 0,216666
Облач ность (F_3)	Ясно Облачно Пасмурно	7; 0,132075 18; 0,33962 28; 0,52830	93; 0,62 38; 0,253333 19; 0,126666	11; 0,183333 23; 0,383333 26; 0,433333
Темпера тура (F_4)	прохладно холодно очень холодно	26; 0,490566 15; 0,283018 12; 0,226415	85; 0,566666 49; 0,326666 16; 0,106666	19; 0,316666 31; 0,516666 10; 0,166666

Фактор F_4 – (Температура) образует следующее нечеткое множество $\{0,4714, F_4', 0,3, F_4'', 0,2285, F_4'''\}$, где F_4' - прохладно, F_4'' - холодно, F_4''' - очень холодно, т.е. показывает температуру.

4 параметр (факторы) измеряются: Ветер, Влажность, облачность, температура. Они показаны в таблице 1.

Прогнозируются 3 гипотезы: H_1 – дождь, H_2 – ясный день, H_3 – снежные дни.

1). Метод максимального правдоподобия гипотез.

Определяются условные вероятности факторов

$$P(F / H_i) = P(F_1, F_2, F_3, F_4 / H_i) = P(F_1 / H_i) \cdot P(F_2 / H_i) \cdot P(F_3 / H_i) \cdot P(F_4 / H_i)$$

Для трех события H_1, H_2, H_3 .

$P(F / H_i) = P(F_1, F_2, F_3, F_4 / H_i) = P(F_1 / H_i) \bullet P(F_2 / H_i) \bullet P(F_3 / H_i) \bullet P(F_4 / H_i)$
 для события H_1 .

$Q(F / H_i) = Q(F_1, F_2, F_3, F_4 / H_i) = Q(F_1 / H_i) \bullet Q(F_2 / H_i) \bullet Q(F_3 / H_i) \bullet Q(F_4 / H_i)$
 для события H_2 .

$Z(F / H_i) = Z(F_1, F_2, F_3, F_4 / H_i) = Z(F_1 / H_i) \bullet Z(F_2 / H_i) \bullet Z(F_3 / H_i) \bullet Z(F_4 / H_i)$
 для события H_3 .

Из трех условных вероятностей выбирается максимальная:

$$P(F / H_1) = 0,0262119, \quad Q(F / H_2) = 0,02874144, \\ Z(F / H_3) = 0,048951.$$

Поскольку $P(F / H_1) < Q(F / H_2) < Z(F / H_3)$, т.е. вероятность снегопада наибольшая, принимается решение что будет снег.

Недостаток этого метода – в расчет принимается только условные вероятности события.

2). Метод апостериорных вероятностей.

Вероятность дождя вычисляется по формуле Байеса:

Вероятность дождя на следующий день вычисляется по следующей формуле:

$$P(H_1 / F) = \frac{P(F / H_1) \bullet P(H_1)}{P(F / H_1)P(H_1) + Q(F / H_2)Q(H_2)} = 0,463.$$

Затем вычисляется априорная вероятность дождя - $P(H_1) = 0,30$ и сравнивается с ее апостериорной вероятностью $P(H_1 / F)$.

Поскольку апостериорная вероятность больше (0,463) априорной вероятности (0,30), на следующий день ожидается дождь.

Недостаток этого метода – учитывается апостериорная вероятность только одного события.

3). Метод максимума апостериорных вероятностей.

Вычисляются апостериорные вероятности для всех других событий по формуле Байеса, т.е. $Q(H_2 / F)$ $Z(H_3 / F)$

$$Q(H_2/F) = \frac{Q(F/H_2) \cdot Q(H_2)}{P(F/H_1)P(H_1) + Q(F/H_2)Q(H_2) + Z(F/H_3)Z(H_3)} = 0,$$

,

$$P(H_1/F) = 0,463$$

$$Z(H_3/F) = \frac{Z(F/H_3) \cdot Z(H_3)}{P(F/H_1)P(H_1) + Q(F/H_2)Q(H_2) + Z(F/H_3)Z(H_3)} = 0,275$$

Путем сравнения их величин, выбирается наибольшая $Q(H_2/F) < Z(H_3/F) < P(H_1/F)$, т.е. принимается решение, что **ожидается дождь**.

Преимущество этого метода заключается в том, что учитываются условные вероятности всех событий и полная вероятность события. Поэтому метод дает максимальной степени правильное решение.

Поскольку последний метод охватывает все предыдущие, он является наиболее информативным и, следовательно, наиболее точным и эффективным.

Применение этих методов сопровождается с определенным риском принятия неверного решения, который определяется коэффициентом риска или штрафной функцией.

Для вышеперассмотренных методов дадим оценки штрафной функции или риска.

1). Метод максимального правдоподобия гипотез.

В методе максимального правдоподобия гипотез априорные вероятности не используются. Поэтому риски

$r_1 = \alpha \times P, r_2 = \beta \times Q$ преобразуются в такие формы:
 $r_1 = \alpha, r_2 = \beta$,

Поскольку мы принимаем решение по максимальному значению условных вероятностей, т.е. в рассматриваемом

примере по значению $\alpha = P(F / H_1) = 0,0132$, то условная вероятность другого события показывает риск: $\beta = Q(F / H_2) = 0,00675$.

2). Метод апостериорной вероятности.

В методе второе событие не рассматривается. Поэтому штрафная функция или риск имеет вид: $r_2 = \beta \times Q$. Поскольку $\beta < 1$, $r_2 < Q$, то штрафная функция всегда меньше, чем в предыдущем случае. В примере, $r_2 = 0,004725$, что примерно на 30 % меньше, чем в случае 1.

3). Метод идеального наблюдателя или Котельникова-Зиггерта (КЗ).

Штрафная функция в методе КЗ определяется по формуле:
 $\min(P \times \alpha + Q \times \beta)$.

А порог: $h = p / q$; где $\alpha = \gamma_1(H_2 / H_1)$.

Необходимо найти такую комбинацию факторов, которая удовлетворяет критерию КЗ;

Такой оптимальной комбинацией является комбинация: сильный ветер, высокая влажность, пасмурно. Для этой комбинации факторов определяются условные вероятности $P(F / H_1), Q(F / H_2)$;

$$P(F / H_1) = P(F_1''' / H_1) \times P(F_2''' / H_1) \times P(F_3') = 7/53 \times 35/53 \times 40/53 = 0,$$

$$Q(F / H_2) = Q(F_1''' / H_2) \times Q(F_2' / H_2) \times Q(F_3''' / H_2) = 24/120 \times 18/120 \times 10/120 = 0,$$

Далее, перемножив эти вероятности на соответствующие априорные вероятности и складывая их получим искомую штрафную функцию; $0,7 \times 0,0025 + 0,3 \times 0,065826 = 0,021498$.

При использовании нечеткой логики, нечеткого множества и максимальной апостериорной вероятности штрафная функция определяется не сложением частных штрафов, а вычитанием

их значений; т.е.
$$\left| r_{\max} - r_{\min} \right| < \left| r_{\max} + r_{\min} \right|$$
.

$|r_{\max} - r_{\min}| = 0,0180$, что значительно меньше, чем в методе КЗ.

Уменьшение штрафной функции достигается за счет того, что подсчитываются все апостериорные вероятности и находится максимальная среди них.

Это увеличивает точность и уменьшает риск.

Это особенно эффективно при близких апостериорных вероятностях; например, при разности вероятностей в пределах: 0,1-0,2.

А при большей разности вероятностей: 0,2-0,35 нет необходимости применения дополнительного критерия.

Но, однако, в примере мы рассматривали другую неоптимальную комбинацию, где были заданы факторы: ветер сильный, высокая влажность и облачно.

Вот для них надо определить штрафную функцию.

При использовании нечеткой логики и максимальной апостериорной вероятности штрафная функция рассчитывается таким образом; рассчитываются все апостериорные вероятности и выбирается максимальная среди них.

При этом, риск состоит из разности $|r_1 - r_2|$, что гораздо меньше, чем во всех предыдущих случаях; $r_1 = 0,00396$, $|r_1 - r_2| = 0,000765$.

4). Метод минимального среднего риска или Байеса.

В методе Байеса штрафная функция определяется как в случае КЗ, но только каждый частный риск имеет весовой коэффициент; событие более важное имеет больший вес.

Штрафная функция Байеса имеет вид:
 $\min(C_1 \times P \times \alpha + C_2 \times Q \times \beta)$.

Порог имеет вид: $h = C_1 \times p / C_2 \times q$;

При значениях весовых коэффициентов меньших 1, метод имеет меньший риск, чем в случае КЗ.

5). Комбинированный метод.

Апостериорные вероятности вычисляются по всем событиям и выбирается событие с максимальной апостериорной вероятностью.

Метод отличается от предыдущего тем, что риск определяется не суммой частных рисков r_1, r_2 , а их разностью. Тогда штрафная функция или функция риска имеет вид: $|r_1 - r_2| = |C_1 \times \alpha \times P - C_2 \times \beta \times Q|$.

Поскольку весовые коэффициенты всегда $C_1, C_2 < 1$, то штрафная функция также меньше, чем во всех предыдущих случаях.

Из проведенного исследования можно сделать выводы;

При малой апостериорной вероятности $\approx (0,35- 0,45)$ целесообразно использовать дополнительный критерий, где по всем событиям вычисляются апостериорные вероятности и выбирается событие с максимальной вероятностью. При этом, увеличивается надежность решения и уменьшается риск.

Недостатки классических методов следующие:

-трудность построения функции правдоподобия гипотез; они должны строиться для каждого события по всем факторам путем статистического измерения и аппроксимации.

Далее, по выбранным критериям определяются разделяющие границы, которые и определяют допустимые риски.

В настоящей работе для **устранения этого недостатка используются нечеткие множества**, которые исключают использование функции правдоподобия. При этом, также исключается определение разделяющих границ.

Из примера видно, что последовательное **применение сразу двух критериев повышает надежность оценки.**

Но, однако, не всегда есть необходимость применения дополнительного критерия.

Например, при следующих факторах: умеренном ветре, высокой влажности и пасмурной погоде апостериорная вероятность ожидания дождливой погоды равна 0,9164435.

При таком значении вероятности можно уверенно сказать, что на следующий день будет дождь. И нет, при этом, необходимости применения дополнительного критерия.

При этом риск или вероятность другого события составляет 0,0835565.

Поэтому можно использовать пороговое значение штрафной функции или риска, например, равной 0,1; при превышении которого применяются дополнительные методы принятия решений.

Достоверность оценок прогнозирования можно также увеличить введением дополнительных факторов; например, температуры и др. факторов, а также увеличением количества градаций; например, можно брать не три уровня, а пять уровней.

При этом, увеличением количества факторов и объема статистических данных измерений можно добиться высокой достоверности оценок прогнозирования.

Но, однако, практически количество факторов и объем статистики всегда ограничены; следовательно, добиться высокой достоверности оценок прогноза не всегда возможно.

Многие исследования автора [2-6,8-12] показывают, что наиболее эффективным для больших и сложных систем в условиях стохастичности и нестационарности является управление с прогнозом.

А в прогнозе наиболее эффективным является прогноз основанный на априорной и плюс последней измеренной информации.

Анализируя результаты собственных исследований и других авторов делается вывод, что байесовская стратегия выводов незаменима в теории управлений сложными системами и процессами; особенно, в теории стохастического управления нестационарными процессами. Последняя теория является незаменимой в управлении сложными техническими и иными системами, а также при создании **модулей принятия**

статистических решений в экспертных системах различного назначения.

Заключение

На основе проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1). При построении интеллектуальных систем принятия решений при большом количестве факторов и событий нецелесообразно применять классические методы принятия решений; более целесообразно применение нечеткой логики с нечеткими множествами, которые исключают необходимость построения многомерных векторов или функции правдоподобия гипотез; строятся нечеткие множества для каждого из факторов и событий.

2). Не используются граничные оценки факторов; при вычислении вместо конкретного значения фактора используется элемент нечеткого множества, а решение принимается не на основе сравнения с граничными значениями факторов, а непосредственным сравнением вычисленных значений вероятностей.

Последние также исключают операции связанные с дифференцированием и определением границ для каждого фактора и событий.

3). Для повышения надежности решений следует увеличить количество факторов и уровни градации факторов (при достаточно большом объеме измерений для определения априорной информации).

При недостаточном объеме измерения факторов не следует увеличивать количество градаций.

4). При низкой апостериорной вероятности $\approx (0,35 - 0,45)$ или малой разности апостериорных вероятностей $\approx 0,1 - 0,3$, целесообразно использовать дополнительно критерий максимального правдоподобия гипотез.

5) А при высокой апостериорной вероятности $0,8 - 0,9$ или при большей разности апостериорных вероятностей $\approx 0,3 - 0,6$

достаточно ограничиться лишь только одним критерием Байеса.

Разработанные алгоритмы являются простыми и надежными; их можно использовать в учебных и научно-исследовательских работах по построению интеллектуальных экспертных систем.

Литература

1. Назарбаев Н. *Послание Президента Н.Назарбаева народу Казахстана*. 2006, г. Астана.
2. Тукубаев З.Б., Тукубаев А.З. *Ақпараттық жүйелер мен желілердегі стохастикалық процестерді моделдеу, идентификаттау және басқару алгоритмдері* //2-басылымы толықтырылған : монография, акад. Ә.Қуатбеков атындағы ХДУ, Шымкент қ., 2022.- 317 бет.
3. Тукубаев З.Б., Тукубаев А.З. *Ақпараттық жүйелер мен желілердегі кездейсоқ үдерістерді цифрлық моделдеу, болжамдау және адаптивті басқару алгоритмдері* //2-басылымы толықтырылған: монография. акад. Ә.Қуатбеков атындағы ХДУ, Шымкент қ., 2022. -343 бет.
4. Қуатбекова Р.Ә., Тукубаев З.Б. *Жасанды интеллект және нейро-анықсыз технологияға кіріспе.* //Оқу құралы, Шымкент: Ә.Қуатбеков атын. Халықтар Достығы Университеті, 2019 ж. -267 бет.
5. Тукубаев З.Б. и др. *Алгоритм моделирования прототипа экспертной системы для прогноза погоды* //Междунар. Научно-практ. конфер. посвящен. 75-летию акад. А.Қуатбекову, г. Шымкент. 2017.
6. Тукубаев З.Б. *Моделирование и исследование алгоритмов динамического управления потоками и очередями сообщений в компьютерных сетях.* //Сб. трудов ИПУ РАН им. Трапезникова В.А. Вып. 26, с.38-46,- М., 2009.
7. Тукубаев З.Б., Тукубаев А.З. *Прототип динамической экспертной системы анализа фединговых каналов* // "Вестник МКТУ", №2, с.9-14, Туркестан, 2008г.

8. Тукубаев З.Б., Тукубаев А.З. *Анализ статистических методов принятия решений в прототипе экспертной системы* //“Вестник МКТУ”, №2, с.15-24, Туркестан, 2008 г.
9. Тукубаев З.Б.,Тукубаев Б.З. *Методы повышения эффективности кодов Хэмминга в цифровых сетях связи* //“Вестник МКТУ”, №1, с.30-35, Туркестан, 2008 г.
10. Тукубаев З.Б., Тукубаев Б.З. *Анализ байесовской теории в приложениях* //“Вестник МКТУ”,№3, с.33-45,Туркестан,2007 г.
11. Тукубаев З.Б., Тукубаев Б.З. *Методы и алгоритмы защиты компьютерной информации “Электронного Правительства”* // “Вестник МКТУ”, №1, с.63-68, Туркестан, 2007.
12. Тукубаев З. Б., Тукубаева Г.З. *Обобщенно-имитационные модели спутниковых и радиорелейных линий связи* // “Вестник МКТУ”, №2, с.3-6, Туркестан, 2006.
13. Тукубаев З.Б., Тукубаева Г.З. *Имитационное моделирование и анимация общего гауссовского процесса* // Материалы конференции”Роль и значение телекоммуникационной и информационной технологии в современном обществе”, г. Ташкент,2005г.
15. Тукубаев З.Б., Тукубаев Б.З. *Обобщенный алгоритм измерения, аппроксимации, моделирования и прогнозирования в пространственно-временных каналах* // Материалы международной конференции “Вычислительные технологии и математического моделирования в науке, технике и образовании”, ВТММ-2002,ч.5, Новосибирск-Алматы,2002. с.216-221.

THE ANALYSIS OF STATISTICAL METHODS OF DECISION-MAKING IN THE EXPERT SYSTEM PROTOTYPE

Tukubaev Zuhirxan Beysekovich, A.Kuatbekov
Friendship University, Kazakhstan, Shimkent, Doctor of science,
(tukubaev1945@mail.ru).

Tukubaev Aziz Zuhirxanovich, Kazakhstan, Almati,
Doctor of science.

Turtaev M.R. - prof. Peoples' Friendship University named
after Academician A.Kuatbekov), (M_turtaev@mail.ru)

Abdurakhmanova Z.A. master's degree, senior lecturer at
the Peoples' Friendship University named after akad.A.Kuatbekov.

-
- In this article, based on the application of the developed mechanism of conclusions of the prototype expert system for weather forecasting, an analysis of statistical decision-making methods based on the use of fuzzy sets and fuzzy logic is made. The program is compiled in the Turbo Prolog language.
-
- *Keywords: statistical methods, inference mechanism, a priori probabilities, a posteriori probabilities, likelihood function, expert estimates, fuzzy sets, conditional risks, penalty functions.*