



Нечеткая продукционная модель первичной оценки опасности столкновения судов



Нелли СЕДОВА

Nelly A. SEDOVA

Fuzzy Production Model for Initial Evaluating of the Risk of Collisions
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 204)

На основе теории нечетких множеств разработана модель оценки опасности столкновения морских судов. Представлены введённые в неё лингвистические переменные, определены и обоснованы универсальные множества для каждой из них. Реализация модели осуществлялась в программной среде FuzzyTECH, продемонстрирована работоспособность системы на нескольких тестовых примерах.

Ключевые слова: безопасность мореплавания, судоходство, опасность столкновения, дистанция сближения, время сближения, лингвистическая переменная, правило нечеткой продукции.

Седова Нелли Алексеевна – кандидат технических наук, доцент кафедры автоматических и информационных систем, научный сотрудник Морского государственного университета им. адм. Г. И. Невельского, Владивосток, Россия.

Своевременная оценка риска столкновения морских судов имеет неоспоримое значение для безопасного судоходства. При обнаружении судна-цели, то есть того плавсредства, с которым необходимо благополучно разойтись, судоводитель должен оперативно определить, развивается ли ситуация сближения с ним [1], и в случае положительного ответа принять решение о наилучшем маневре, чтобы предотвратить возможную угрозу.

В работе [2] первичная оценка опасности столкновения морских судов определяется тремя различными методами:

1. По характеру изменения пеленга и дистанции сближения.
2. По взаимному расположению судов.
3. По вычисляемым дистанции и времени кратчайшего сближения.

Для первых двух методов А. С. Мальцевым [2] представлены вспомогательные таблицы, а для третьего отмечается, что судоводителями субъективно, исходя из личного опыта, определяются те наилучшие параметры дистанции и времени сближения, которые им диктуют (подсказывают) реальные обстоятельства на воде. Ранее предпринимались попытки разработать универсальные системы для обобще-

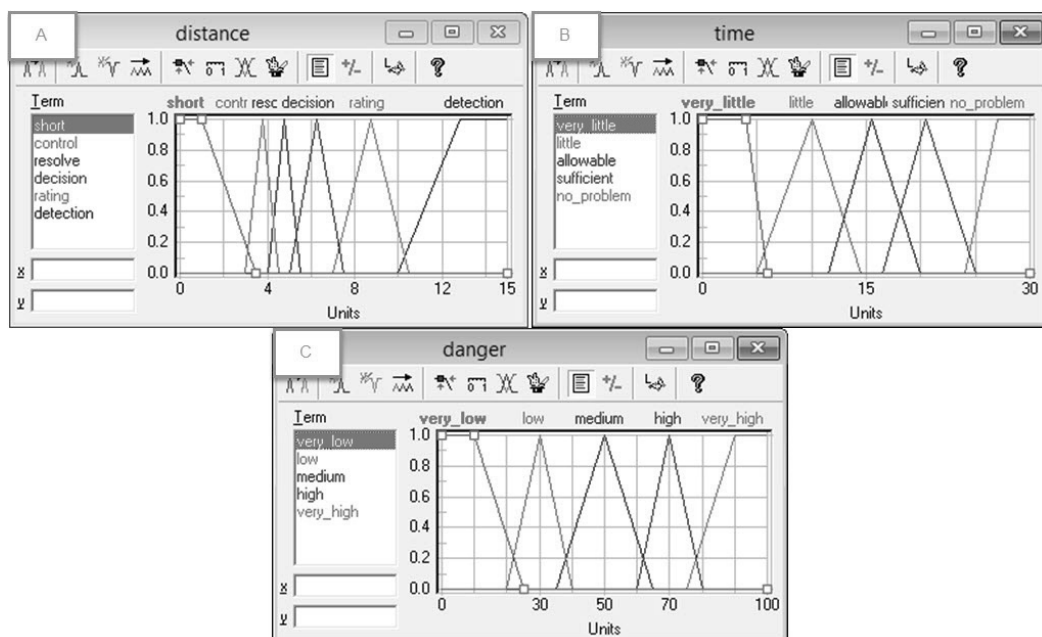


Рис. 1. А – входная ЛП «Дистанция сближения»; В – входная ЛП «Время сближения»; С – выходная ЛП «Степень опасности».

ния опыта судоводителей, например, в [3–5], однако им присущ недостаток, заключающийся в сложной интерпретации выходного параметра. В этой статье предлагается нечеткая продукционная модель первичной оценки опасности столкновения судов по вычисляемым дистанции и времени сближения, в которой названный недостаток устранен.

ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ

Нечеткая продукционная модель состоит из двух входных лингвистических переменных и одной выходной.

Первая входная «Дистанция сближения» соответствует дистанции между судном-целью, с которым необходимо разойтись, и судном-оператором, которое совершает маневр. Поскольку достаточно надежное обнаружение судна-цели с помощью радиолокатора происходит на отметке 15 миль, то универсальное множество для первой лингвистической переменной определяется в диапазоне от 0 до 15 миль.

Лингвистическая переменная «Дистанция сближения» характеризуется базовым терм-множеством: короткая (short), контроля (control), выполнения (resolve), решения (decision), оценки (rating), обнаружения (detection). Причем терму «short» соответствует ситуация чрезмерного сближе-

ния, терму «control» – зона контроля, когда возможны дополнительные действия для исправления ошибок, «resolve» – возможность выполнения маневров на уклонение, «decision» – зона для принятия решений по выполнению маневров на уклонение, «rating» – зона для оценки ситуации, а терму «detection» – зона средней дальности обнаружения судна-цели [1].

Функции принадлежности для термов первой входной лингвистической переменной представлены на рис. 1А.

Вторая входная лингвистическая переменная «Время сближения» определяется промежутком времени от момента обнаружения цели до выполнения необходимого маневра для расхождения. Эта переменная имеет универсальное множество [0, 30] мин, а базовое терм-множество делится на несколько видов: очень маленькое (very_little), маленькое (little), допустимое (allowable), достаточное (sufficient), без проблем (no_problem).

Функции принадлежности для термов второй входной лингвистической переменной обозначены на рис. 1В.

Выходная лингвистическая переменная «Степень опасности» характеризуется базовым терм-множеством: очень низкая (very_low), низкая (low), средняя (medium), высокая (high), очень высокая (very_high),



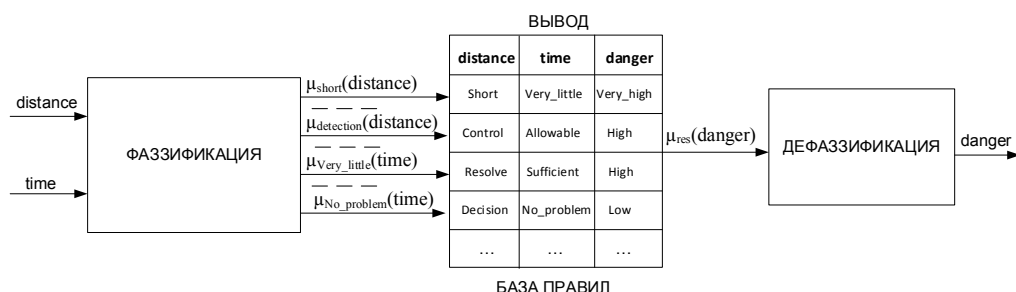


Рис. 2. Общая схема нечеткой продукционной модели.

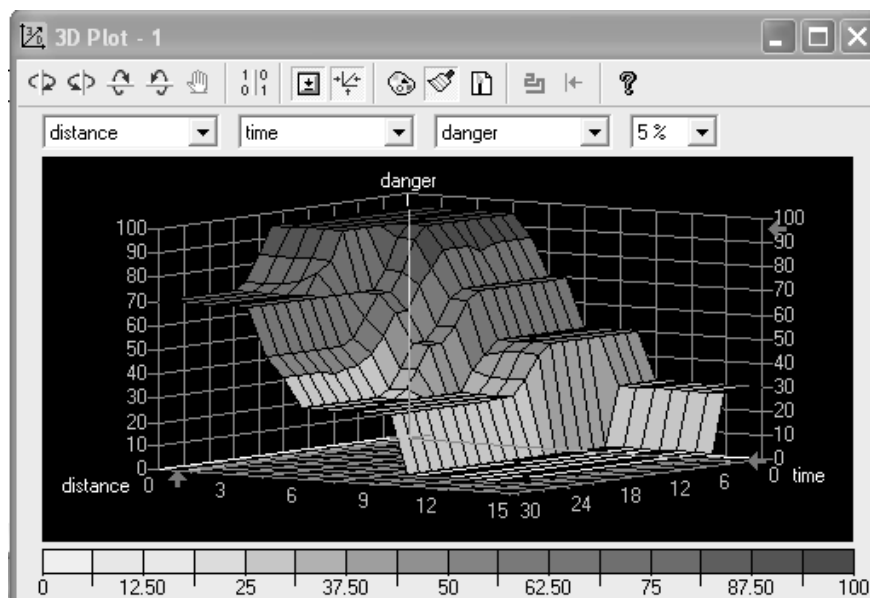


Рис. 3. Зависимость выходной лингвистической переменной от входных.

а универсальное множество для этой переменной взято в диапазоне от 0 до 100 (чем выше, тем опаснее).

Функции принадлежности для термов выходной лингвистической переменной представлены на рис. 1С.

Используемые в нечеткой продукционной модели первичной оценки опасности столкновения судов по вычисляемым дистанции и времени сближения функции принадлежности для задания термов входных и выходной лингвистических переменных имеют треугольный, линейный Z-образный и линейный S-образный вид.

РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛЬНОЙ СХЕМЫ

На рис. 2 показана общая схема нечеткой продукционной модели первичной оценки опасности столкновения судов.

В качестве алгоритма нечеткого вывода используется метод Мамдани [6].

База правил нечетких продукций модели включает 30 позиций, их реализация осуществлялась с использованием программной среды FuzzyTECH [7] (на рис. 3 трехмерная поверхность нечеткого логического вывода).

Рассмотрим работу модели на нескольких типичных примерах.

Пример № 1. Предположим, возникла ситуация чрезмерного сближения, когда дистанция до встречного судна составляет одну милю, время до сближения равняется 2,5 минутам. Такая ситуация соответствует высокой степени опасности, поскольку времени остается только на непосредственное выполнение маневра. Вносим эту информацию в нечеткую продукционную систему (рис. 4А), она выдает степень

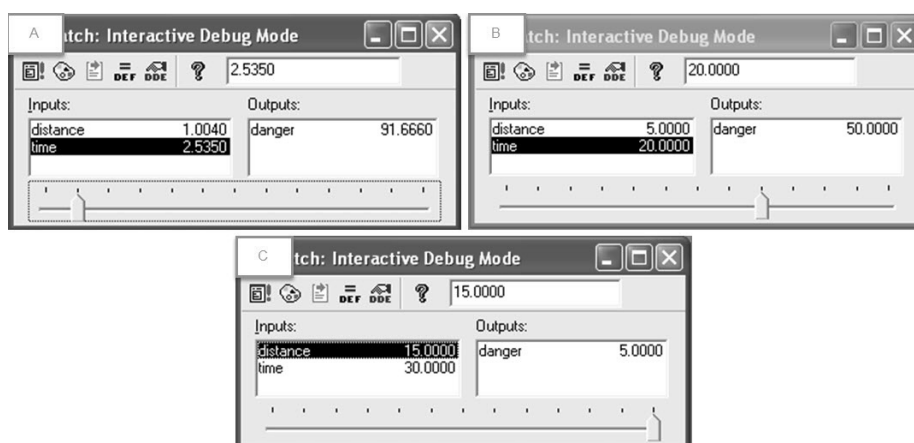


Рис. 4. Примеры первичной оценки опасности столкновения судов.

опасности 91,6, что подтверждает наличие очень высокой степени угроз.

Пример № 2. Возникла ситуация, когда судно-цель зафиксировано на дистанции пяти миль, а время до сближения составляет 20 минут. Несмотря на то, что судно-цель близко, положение не является критическим, потому что степень опасности понижается достаточным запасом времени, которого вполне хватает для решения задачи расхождения судов и выполнения соответствующего маневра. Следовательно, степень опасности не превышает средней, поэтому, занеся исходную информацию в нечеткую продукционную систему, получим результат, показанный на рис. 4В.

Пример № 3. Представим, что судно-цель обнаружено на дистанции в 15 миль, время сближения равняется 30 минутам. Такая ситуация не является опасной ни по времени, ни по дистанции, которые позволяют набрать дополнительную информацию, обработать ее, принять решение и выполнить необходимый маневр. Следовательно, степень угрозы будет минимальной. Внесем информацию в нечеткую продукционную систему и получим подтверждение минимальной опасности (рис. 4С).

Протестировав нечеткую продукционную модель первичной оценки опасности столкновения судов в различных ситуациях, автор вправе сделать вывод о её работоспособности. С учетом накопленного ис-

следовательского материала [8 и др.] такая модель, полагаю, может стать основой для создания автоматической системы определения степени риска при сближении морских судов и выбора наилучшего маневра расхождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Письменный М. Н. Краткий курс лекций по изучению международных правил предупреждения столкновений судов в море [Электронный ресурс]. <http://pilotservice.narod.ru/masters/ColRegLec/ColRegLec.htm>. Доступ 10.12.2014.
2. Мальцев А. С. Маневрирование судов при расхождении. — Одесса: ЦПАП, 2005. — 208 с.
3. Seong-Gon Kim, Yong-Gi Kim (2009). An Autonomous Navigation System for Unmanned Underwater Vehicle, Underwater Vehicles, Alexander V. Inzartsev (Ed.), ISBN: 978-953-7619-49-7, InTech, Austria, 582 p. — pp. 279-294.
4. Hasegawa K., Fukuto J., Miyake R., Yamazaki M. An Intelligent Ship Handling Simulator with Automatic Collision Avoidance Function of Target Ships // Proc. International Navigation Simulator Lecturers Conference, (INSL17), Rostock, Germany, Sep. 3-7, 2012. — pp.F23-1-10.
5. Hasegawa K., Yamazaki M. Qualitative and Quantitative Analysis of Congested Marine Traffic Environment — An Application Using Marine Traffic Simulation System, Proc. of 10th International Conference on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation (TransNav 2013), Vol.7, No.2, Gdya, Poland June 19-21, 2013. — pp.179-184.
6. Леоненков А. В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTech. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 736 с.
7. Седова Н. А. Разработка интеллектуальных систем на базе нечеткой логики в FuzzyTech (методические указания к лабораторной работе). — Владивосток: МГУ им. адм. Г. И. Невельского, 2012. — 56 с.
8. Седова Н. А. Расхождение судов в зоне чрезмерного сближения // Мир транспорта. — 2014. — № 6. — С. 124-132.

Координаты автора: Седова Н. А. — nellyfish81@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 22.09.2014, принята к публикации 11.12.2014.

