

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОИСКА МОРСКИХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Н. А. Маркушин (Санкт-Петербург)

Процесс поиска цели в морских просторах связан с большим количеством различных факторов. Это и большие расстояния до района поиска, и значительные площади, которые необходимо обследовать, и необходимость привлечения большого количества поисковых сил. К тому же, с учетом динамических свойств цели (скорость, курс, влияние ветра и течения), процесс поиска может продолжаться достаточно длительное время, не принося ощутимых результатов.

Для оптимизации поисковых усилий, уменьшения времени поиска и сокращения количества поисковых сил можно применять имитационное моделирование. Необходимо отметить, что процесс поиска объекта в области пространства связан с вероятностными распределениями. Это могут быть равномерное, нормальное и другие виды распределений.

Процесс поиска может иметь множество вариантов, в зависимости от имеющейся у поисковых сил априорной информации. Чем большим количеством информации мы обладаем, тем успешнее будет поиск. Это может быть поиск:

- в районе, когда известно только то, что объект находится в районе и не выходит за его пределы;
- по вызову, когда известно (предположительно) место цели и ошибка в его определении;
- по направлению;
- в полосе...
- и т. д.

В приведенной ниже таблице конкретизированы необходимые данные и указаны распределения, которые используются при создании имитационных моделей.

№ пп	Вид поиска	Априорные данные	Используемое распределение
1.	Поиск в районе	– факт нахождения цели в районе;	Равномерное на плоскости
2.	Поиск по вызову	– ориентировочная скорость. – место (точка) потери контакта;	Нормальное на плоскости
3.	Поиск по направлению	– ошибка в определении ТПК; – ориентировочная скорость. – место (точка) потери контакта; – ошибка в определении ТПК; – ориентировочная скорость;	Нормальное на плоскости скорости
4.	Поиск в полосе	– направление движения (курс); – ошибка в определении курса. – направление движения (курс);	Равномерное
		– ширина полосы движения; – ориентировочная скорость.	Нормальное одномерное .....

Основная проблема состоит в том, как симитировать вероятностное распределение при создании имитационной модели. Ведь вероятность – понятие абстрактное, и реальными физическими объектами ее не заменишь.

Согласно основным положениям теории поиска, разработанным в 1947 году Б. О.Купманом, вероятность можно представить двумя способами:

- существует одна цель, но известны не ее местоположение и скорость, а вероятность того, что она имеет определенное положение и скорость;
- существует множество целей и известен процент целей, имеющих определенное положение и скорость [1].

В соответствии с этими положениями вероятностное распределение можно симитировать множеством единичных элементов (точек), распределенных по заданному закону распределения. Чем больше количество точек, тем ближе к закону распределения будет данная имитационная модель. Однако стоит заметить, что чрезмерное увеличение количества единичных элементов может привести к замедлению работы модели и, как следствие, задержке в получении результатов моделирования.

Представленные модели созданы на базе системы имитационного моделирования AnyLogic и позволяют наглядно продемонстрировать различные виды вероятностных распределений [2].

Так на рис. 1 представлено равномерное распределение в прямоугольном районе в начальный момент времени.

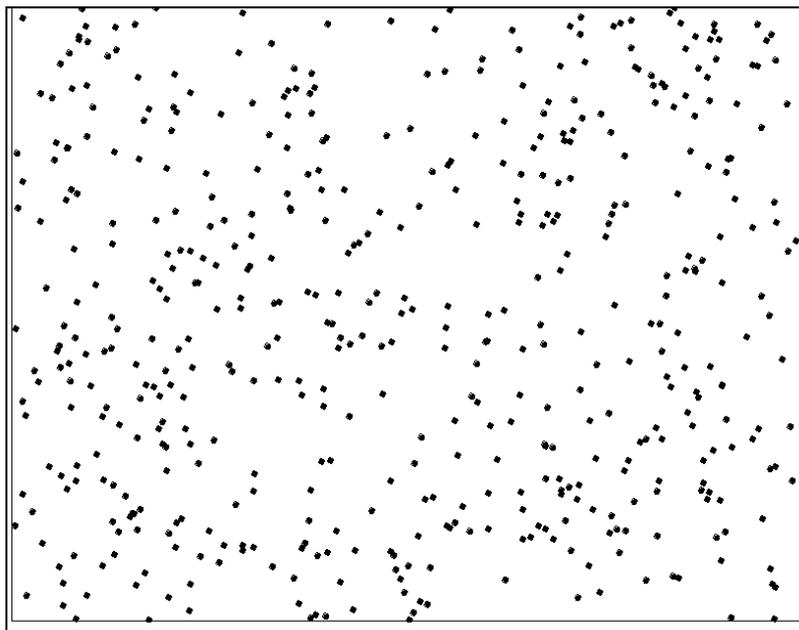
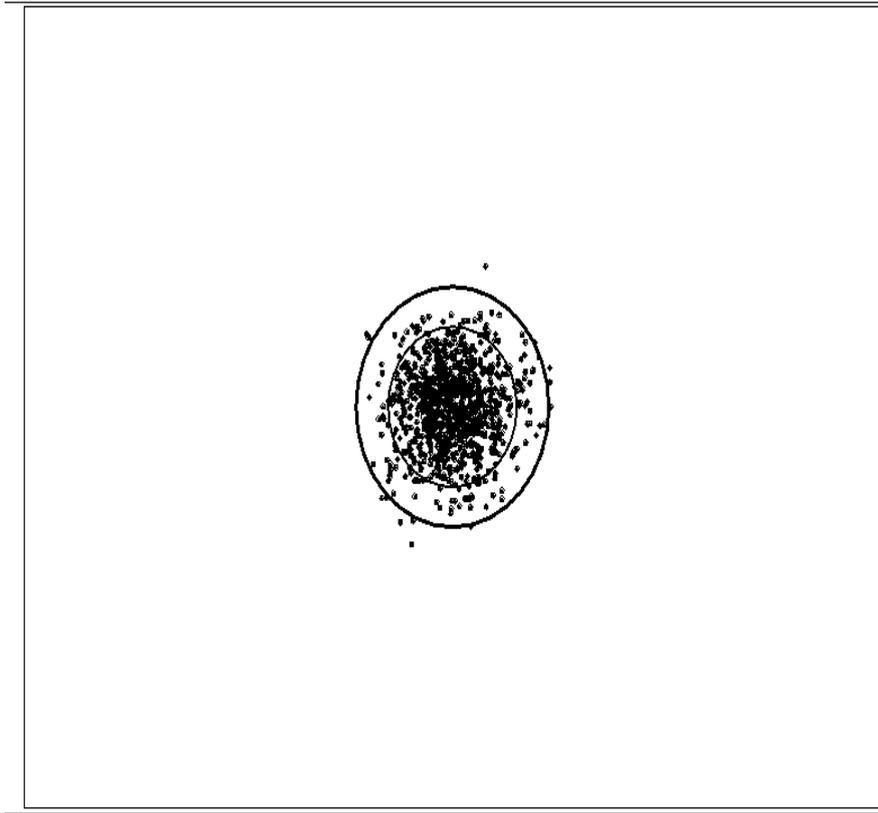


Рис. 1

Рис. 2 демонстрирует нормальное распределение на плоскости, соответствующее поиску по вызову. Необходимо отметить, что если в ситуации поиска в районе внешний вид распределения не изменяется с течением времени, то при поиске по вызову динамические характеристики цели существенно влияют на внешний вид распределения с течением времени [3].

а)



б)

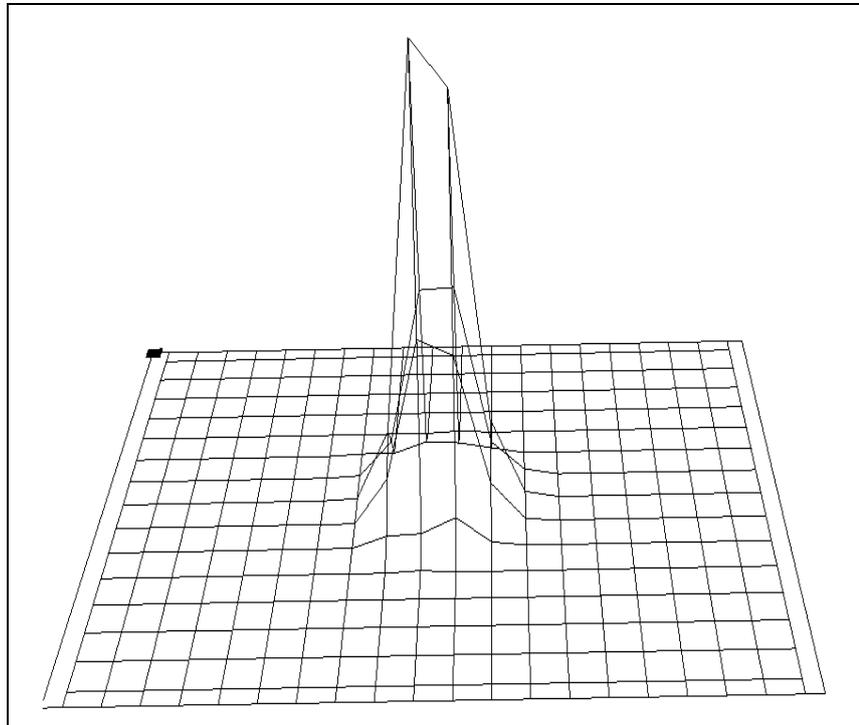


Рис. 2

На рис. 2, а показано нормальное распределение на плоскости в начальный момент времени ( $t = 0$ ), а на рис. 2, б – трехмерный облик данного распределения на этот же момент времени.

Рис. 3 демонстрирует, как изменяется облик нормального распределения с течением времени [3].

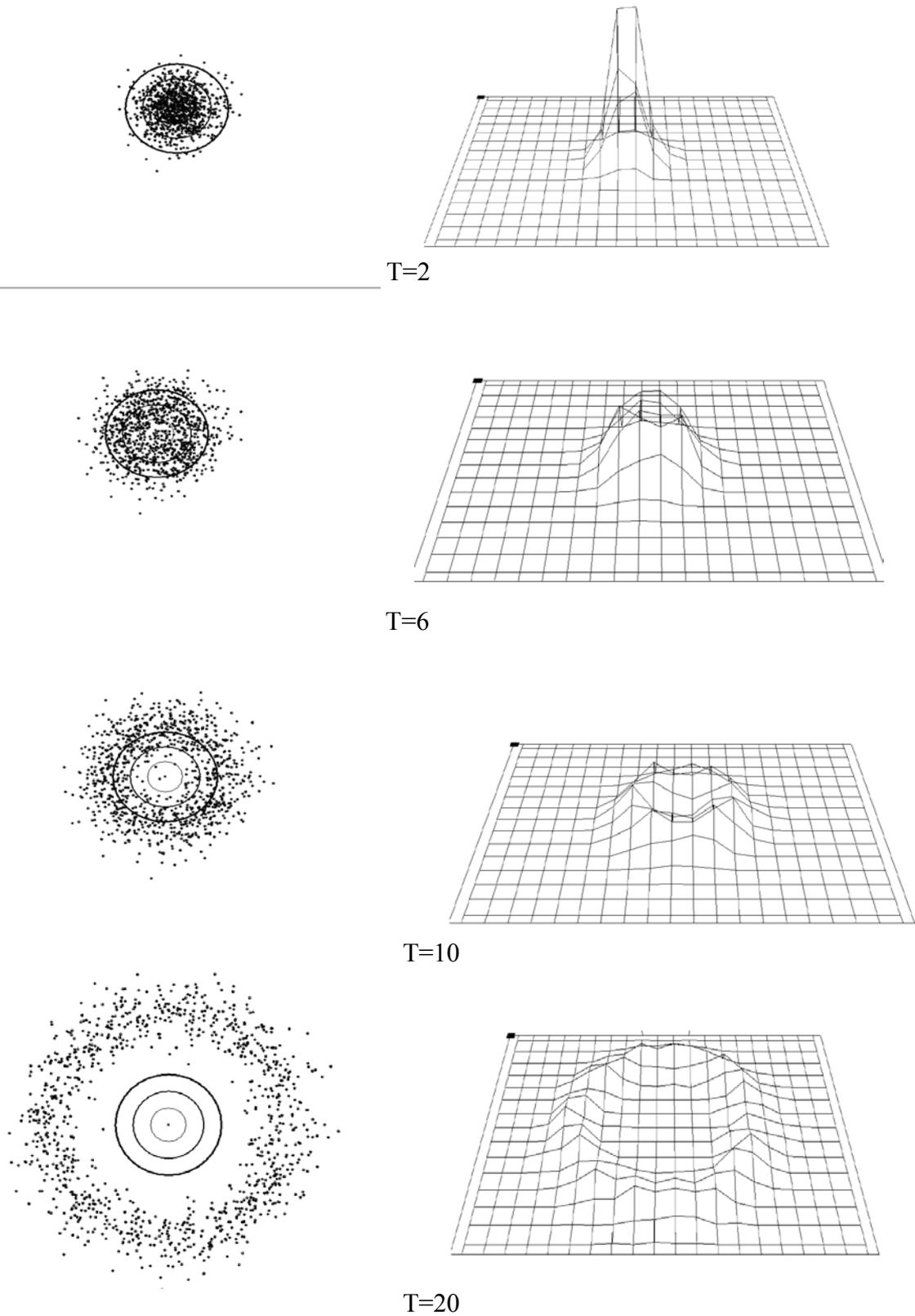


Рис. 3

Еще более интересным выглядит нормальное распределение (поиск по вызову) при известном ориентировочном направлении движения искомого объекта. В этом случае изменяется не только само распределение, но и местоположение точки потери контакта (математического ожидания). В результате суммирования этих движений картина вероятностного распределения в корне изменяется и принимает вид, показанный на рис. 4.

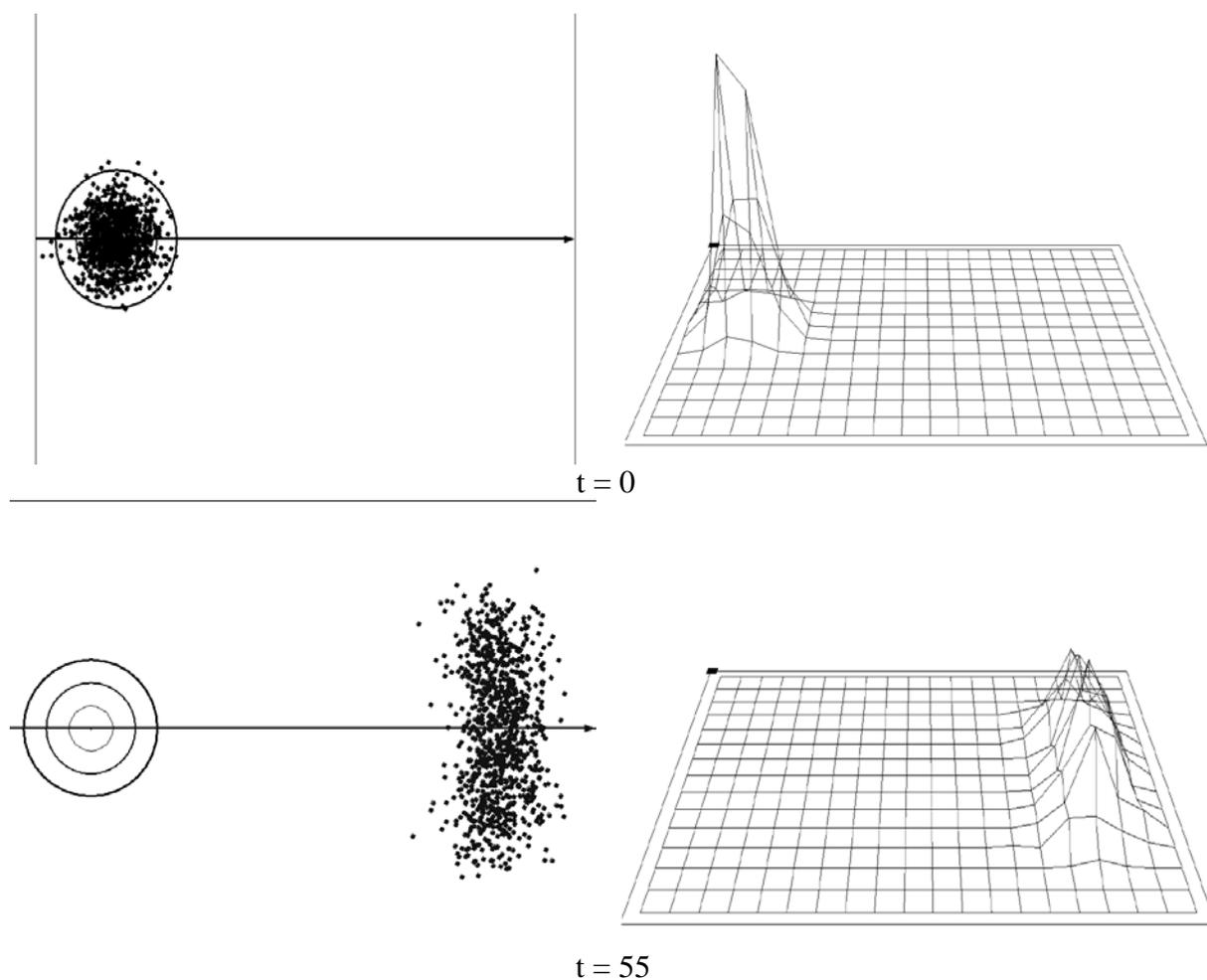


Рис. 4

Одним из видов является поиск, когда объект поиска не находится в данном районе, а ожидается его проход через этот район. В этом случае уместно говорить о поиске на рубеже, который имеет свои особенности. Если известно, что цель пройдет через данный район, но неизвестно, где это произойдет, то можно говорить об одномерном равномерном распределении на плоскости. От поиска в районе, где искомым объект не выходит за границы района, данный вид поиска отличается тем, что плотность вероятности распределения цели «движется», входя в район от одной границы и выходя из противоположной. Если же предположительно известны место входа в зону действия наблюдателей и ошибка в определении этого места, то уместнее говорить об одномерном нормальном распределении, представленного на рис. 5

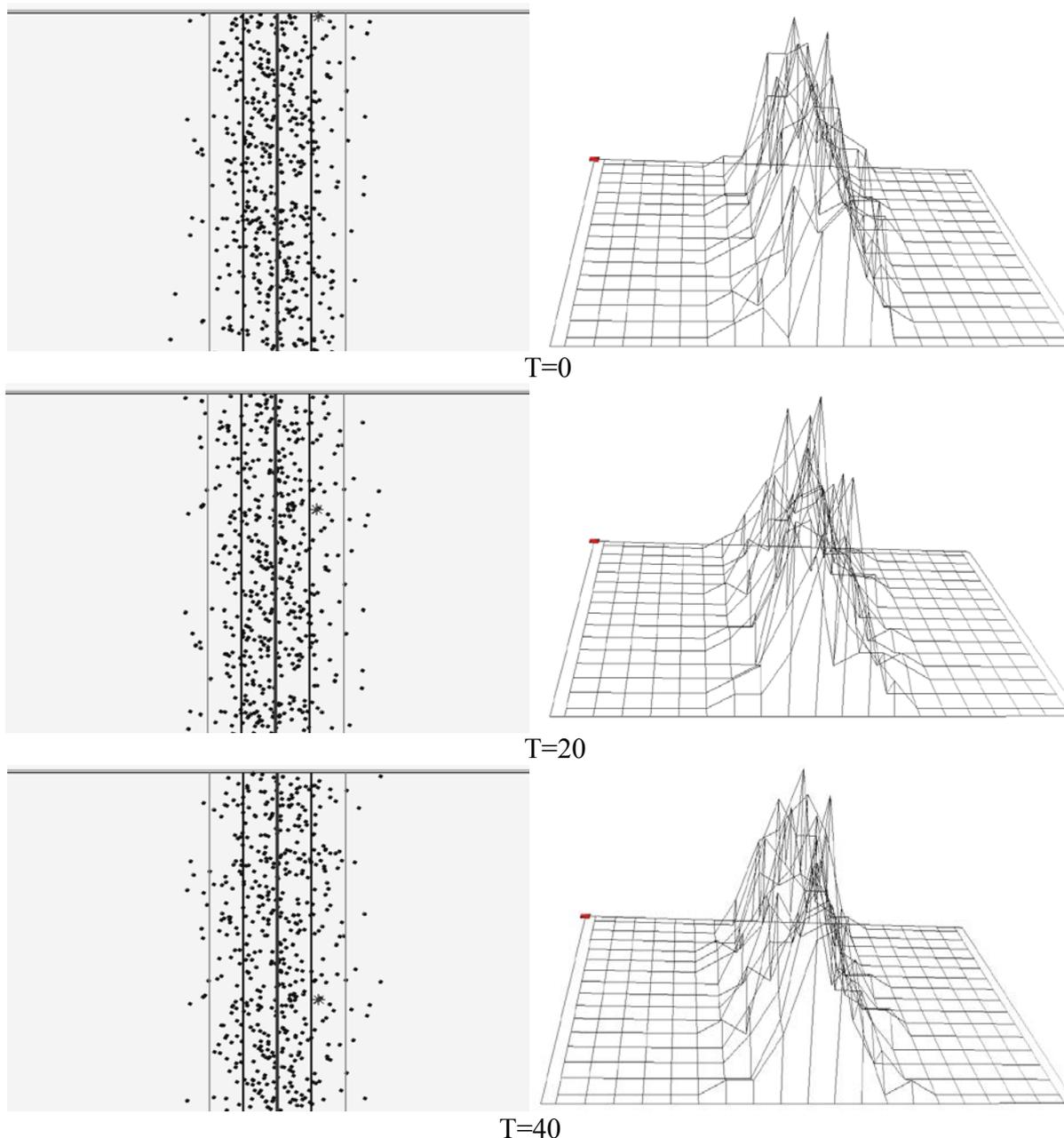


Рис. 5

Данные модели разработаны как часть комплекса имитационного моделирования, позволяющего оптимизировать процесс поиска в различных ситуациях, с привлечением различных сил и средств, а также для исследования.

### Литература

1. **Коорман В. О.** Theory of search: 1. Kinematic bases // Operations Research. 1956. Vol. 4, No. 3.
2. **Карпов Ю. Г.** Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. СПб.: БХВ-Петербург, 2005. 400 с.
3. **Лапшин В. П.** Моделирование, оценка эффективности и оптимизация систем наблюдения ВМФ. Л.: ВМА, 1982. 239 с.