© Вьонг Ань Чунг, Г.Н. Лебедев, 2006

УДК 519.81+004.89

Вьонг Ань Чунг, Г.Н. Лебедев

УПРАВЛЕНИЕ ДЕСАНТИРОВАНИЕМ ГРУЗОВ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Семинар № 13

При проведении транспортных работ с помощью вертолета, целесообразно использовать в помощь экипажу автоматические устройства, в частности, для доставки груза и его десантирования, как это показано на рис. 1. Рассмотрим решение задачи автоматического снижения при следующих допущениях.

1. Считается, что вертолет, осуществляя горизонтальной полет на заданной высоте $H_0 >> H_K$, постепенно приближается к посадочному месту.

2. Бортовая телевизионная камера жестко прикреплена к корпусу вертолета, чтобы при горизонтальном полете обеспечить определенный ракурс наблюдения наземных посадочных ориентиров, а значит - соответствующий пеленг φ, равный углу между направлением на посадочное место и продольной осью вертолета. В данной работе используются два ориентира в продольной плоскости, имеющие заданные координаты x_1 и x_2 относительно точки десантирования. Угловые положения ψ_1 и ψ_2 этих ориентиров на экране камеры дают информацию об удачности движения в нужную точку десантирования. Если модули этих углов и их угловых скоростей равны друг другу, то вектор скорости вертолета направлен в точку встречи. Пеленг φ при горизонтальном положении вертолета и поле зрения камеры предстоит выбрать так, чтобы с учетом динамики снижения вертолета изображение посадочного места не выходило из поля зрения камеры.

3. Ставится задача снижения вертолета до заданной высоты $H_к$ при одновременном уменьшении высоты H и координаты x. Рассматривается только продольное движение вертолета, при этом различаются и могут быть использованы два способа снижения - вертикальное с помощью общего шага винта (участок 1 показан на рис. 1 непрерывной линией) и так называемое пологое с помощью автомата перекоса, когда отклонение по тангажу мало не превышает 10° (участок 2 также показан непрерывной линией на рис. 1).

4. Динамика продольного движения вертолета описывается с помощью следующих дифференциальных уравнений:

$$\dot{x} = A * x + B * u \qquad (1)$$

где $x = [V_x \ V_y \ \omega_z \ \vartheta]^T$

$$A = \begin{bmatrix} \bar{X}^{V_x} & \bar{X}^{V_Y} & \bar{X}^{\omega_z} & \bar{X}^{\upsilon} \\ \bar{Y}^{V_Y} & \bar{Y}^{V_Y} & \bar{Y}^{\omega_z} & \bar{Y}^{\upsilon} \\ \bar{M}_z^{V_z} & \bar{M}_z^{V_Y} & \bar{M}_z^{\omega_z} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix},$$

$$B = \begin{bmatrix} \bar{X}^{\delta} & \bar{X}^{\varphi} \\ \bar{Y}^{\delta} & \bar{Y}^{\varphi} \\ \bar{M}_z^{\delta} & \bar{M}_z^{\varphi} \\ 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$U = [\delta \ \varphi]^T,$$

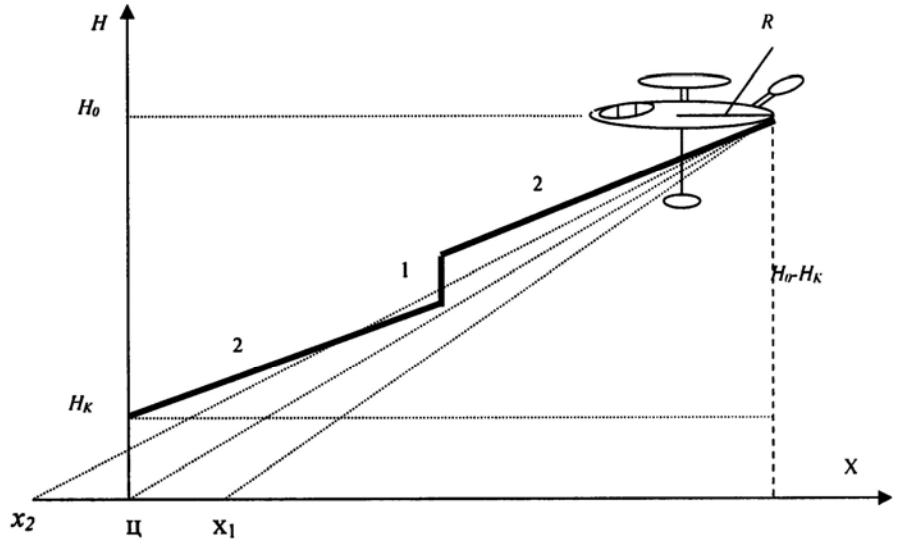

Рис. 1. Картина снижения транспортного вертолета с грузом к посадочному месту

δ, φ- углы отклонения автомата перекоса в продольной плоскости и общего шага соответственно.

5. Необходимо учесть осложняющее наблюдение действие углового вращения вертолета как при пологом, так и вертикальном снижении, а значит - и углового вращения линии визирования камеры, в поле зрения которой находится посадочное место при меняющемся пеленге.

6. При этих условиях необходимо:

- найти программную траекторию снижения.

- сформировать законы управления полетом и получить примеры для обучения нейронных сетей.

- определить структуру и параметры нейронных сетей и оценить их эффективность.

- дать рекомендации по установке телевизионной камеры для непрерывного контроля выполнения транспортных задач.

Расчеты показали, что при $H_0 = =100$ м программная траектория состоит из следующих участков:

- пологое снижение до высоты $H_1 = = 77,5$ м.

- вертикальное снижение до высоты $H_2 = 42,5$ м.

- пологое снижение до конечной высоты $H_к = 20$ м, достаточной для операции десантирования.

Программная траектория требует применения двух алгоритмов управления - автоматом перекоса для пологих участков и общим шагом винта для вертикальных участков.

Рассмотрим три этапа нахождения этого алгоритма:

- считая измерения углов ψ_1 и ψ_2 наблюдения ориентиров известными, вычисляется управляющий сигнал, пропорциональный угловой скорости $\dot{\varphi}$ линии визирования, направленной на посадочное место (q- угол между линий горизонта и направлением на заданную точку десантирования, например - трюм корабля).

- формируется закон управления общим шагом винта и с его помощью формируются примеры для обучения нейронной сети;

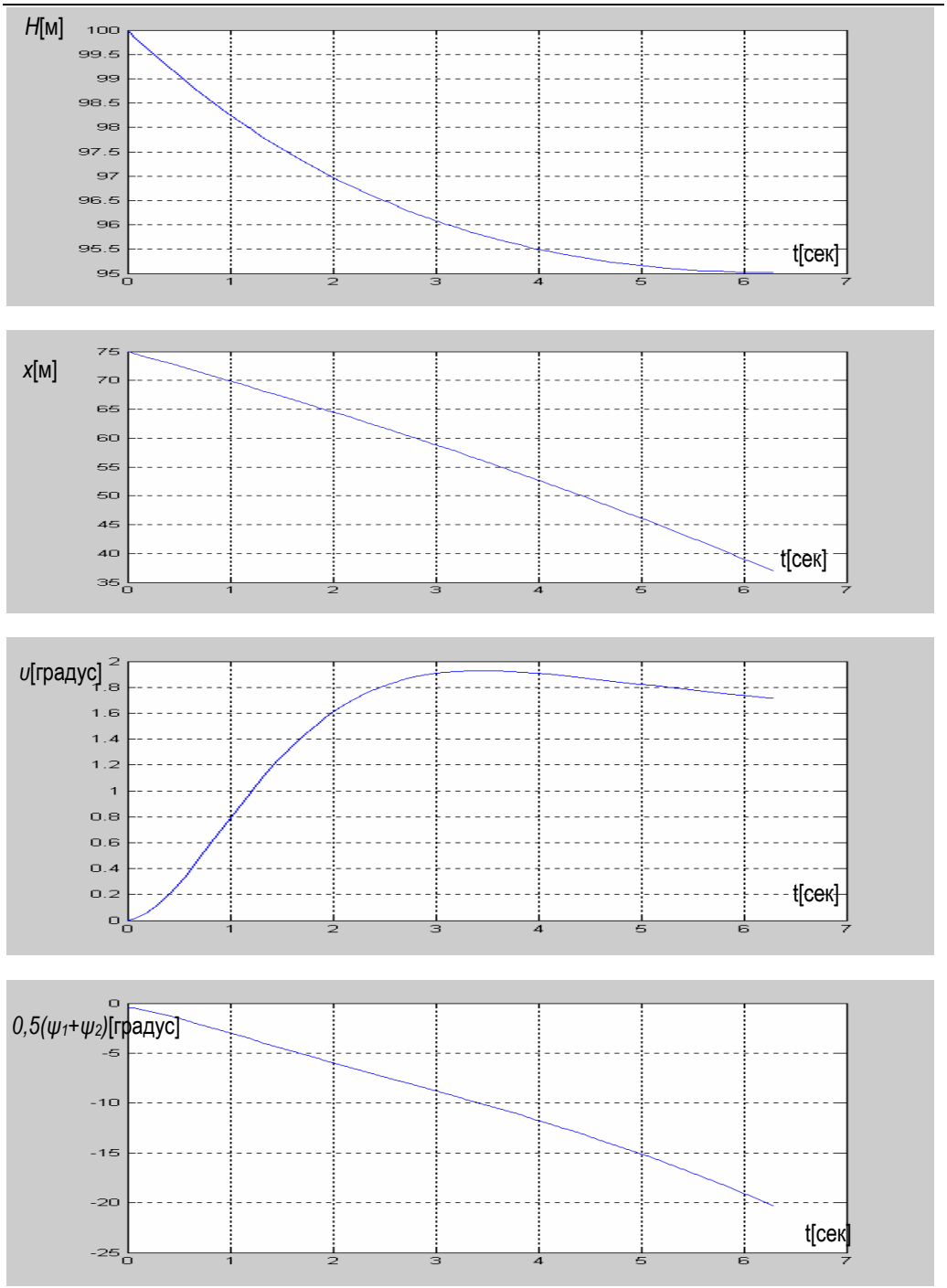

Рис. 2. Графики изменения высоты, горизонтального удаления угла тангажа и положения посадочного места на экране при пологом снижении с помощью автомата перекоса

- обучается двухслойная нейронная сеть, структура которой выбрана в сложных погодных условиях, и в результате моделирования на ЭВМ дается оценка её работоспособности.

Проводилось обучение двухслойной сети $НС_1$ прямого распространения, уже показавшей удачные результаты для других транспортных задач. Получены следующие параметры: $НС_1$ прямого распространения содержит 10 тангипербольных нейронов в первом слое и 1 линейный нейрон в выходном слое.

Была осуществлена попытка использовать комбинированное управление - наряду с использованием управления U_2 автоматом перекоса дополнительно „отрабатывать" отклонения посадочного места от середины экрана с помощью общего шага винта, т.е.

$$U_1 = 0.5(\psi_1+\psi_2)k_2$$

$$U_2 = \begin{cases} \delta & \text{при } k|\dot{x}_1| > \Delta; \quad j=1 \\ -\delta & \text{при } k|\dot{x}_1| < -\Delta; \; j=2 \\ 0 & \text{при } \Delta > k|\dot{x}_1| > -\Delta; \; j=3 \end{cases} \qquad (2)$$

Коэффициенты δ, Δ, k подбирались экспериментально при модели-ровании на ЭВМ для снижения риска срыва наблюдения, и с другой стороны- нужного качества снижения. Это позволило получить при моделировании на ЭВМ результаты, представленные на рис. 2 для следующих числовых данных $H_0 = 100$ м; $H_K = 20$ м; $x_0 = 75$ м; $x_1 = 5$ м; $x_2 = -5$м; $R = 10$ м; $|\dot{x}| = 5$ м/сек. В результате обучения получены следующие основные параметры $НС_2$: число слоев - 2, число нейронов в первом слое - 10, в втором - 2. функция активации нейронов - тангипербольные и линейные:

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Предложенная программная траектория полета транспортного вертолета к посадочному месту, состоящая из чередующихся участков вертикального и пологого снижения, обеспечивает непрерывное наблюдение бортовой телевизионной камерой посадочных ориентиров.
2. Даны рекомендации по выбору поля зрения и способу закрепления к корпусу вертолета телевизионной камеры, которая может использоваться как на этапе снижения вертолета, так и десантирования груза.
3. Сформированы алгоритмы управления общим шагом винта и автоматом перекоса и получены структуры обучаемых нейронных сетей, реализующих пологое и вертикальное снижение. Предложено комбинированное управление с целью уменьшения риска выхода изображения посадочного места из поля зрения камеры.
4. Факт поочередного использования в полете сформированных нейронных сетей позволяет присоединить их в конвейерном режиме к решению других транспортных задач- распознавания посадочных ориентиров, демпфирования колебаний груза, его десантирования и мягкого причаливания. Тем самым снижаются массо-габаритные и стоимостные параметры бортовых автоматических устройств управления полетом.

Коротко об авторах

Выонг Ань Чунг - аспирант кафедры систем автоматического и интеллектуального управления,

Лебедев Г.Н. – доктор технических наук, профессор, научный руководитель,

Московский авиационный институт (государственный технический университет).