

М. Васюхін*, А. Касім*, В. Гулевець, О. Бойко, Н. Чукаріна, М. Касім

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України,
Національний авіаційний університет

ІМІТАЦІЙНА ГЕОІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕННЯ НАЗЕМНОЇ ТА ПОВІТРЯНОЇ ОБСТАНОВКИ РАЙОНУ АЕРОПОРТУ

© Васюхін М., Касім А., Гулевець В., Бойко О., Чукаріна Н., Касім М., 2011

Предложена имитационная геоинформационная модель представления наземной и воздушной обстановки района аэропорта, которая дает возможность с нужной степенью детализации представить процессы движения воздушных судов и других объектов, которые перемещаются на территории аэропорта путем одновременной трансформации их символов и участков картографического фона, представленного электронными аэронавигационными картами наблюдаемого участка пространства в заданном масштабе.

The paper presents a simulation model of the GIS representation of ground and air situation around the airport, which makes it possible to provide the necessary degree of detail of the processes of aircraft and other objects that move at the airport by a simultaneous transformation of their characters and plots geographic background, the presentation of electronic aeronautical charts observable part of space in a given scale

Постановка проблеми. Складність управління аеропортом (АП) зумовлена впливом на його функціонування безлічі випадкових факторів, таких як метеорологічні умови, помилки аеронавігаційних систем, затримки повітряних суден (ПС), висотні особливості місцевості, помилки обслуговувального персоналу, політична нестабільність тощо. До основних напрямків його діяльності належать: реєстрація та обслуговування пасажирів, льотних екіпажів; реєстрація та відправлення багажу, пошти; обслуговування повітряних суден; надання довідково-інформаційних послуг. Тому процес управління аеропортом насамперед має забезпечувати: інтенсивність та ефективність авіаційних пасажирських та вантажних перевезень; безпеку повітряного простору (ПП) над аеропортом та у прилеглих до нього зонах та безпеку безпосередньо на його території, враховуючи район аеродрому як під час нормального режиму роботи, так і при виникненні надзвичайних ситуацій. Досягти зазначених цілей можливо за умови плідної взаємодії структурних компонентів автоматизованої системи управління. При цьому слід враховувати такі особливості, притаманні системі управління повітряним рухом:

- складність, обумовлена наявністю великої кількості ПС, що знаходяться під управлінням, в технічному, технологічному, процедурному обслуговуванні;
- динамічність;
- велика кількість альтернативних дій в управлінні;
- людський фактор як фактор непередбачуваності дій людини [1].

Для аналізу такої складної системи доцільно використовувати статистичне та імітаційне геоінформаційне моделювання поточної обстановки на/над територією АП та в прилеглих до нього зонах, що дасть змогу спрогнозувати можливі наслідки тих чи інших управлінських впливів та приймати більш точні, надійні та безпечні рішення. Геоінформаційна складова процесу моделювання повинна забезпечуватися наявністю “електронних” аеронавігаційних карт, перелік яких визначено залежно від основних етапів польоту ПС у документації ICAO (International Civil Aviation Organization).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням імітаційного моделювання обстановки на території АП присвячено ряд робіт [1–6]. Прикладом імітаційної моделі руху ПС в районі аеропорту може слугувати рішення компанії Foresys для імітаційного моделювання транспортної мережі аеропорту “Домодедово” (Росія) [7]. Метою створення цієї системи було вирішення низки завдань, а саме:

- підтримка прийняття рішень стратегічного, тактичного і операційного планування;
- оптимізація: наземної транспортної мережі аеропорту (перепланування перону, мережі рульових доріжок); послідовності проведення заходів щодо реконструкції або побудови об’єктів льотного поля аеропорту; маршрутів рулювання ПС; розкладу польотів; розстановки ПС на місцях стоянки; розташування місць стоянки на льотному полі.

Пілотний проект цієї системи показав перспективність використання імітаційного моделювання для планування розвитку аеропорту й оцінки якості ухвалюваних інфраструктурних рішень. Моделювання одного дня діяльності аеропорту в середньому займає близько 40 секунд на робочій станції з частотою процесора 2,4 Гц та обсягом оперативної пам’яті 1 Гб. Задля підвищення якості та достовірності отримуваних оцінок така модель підлягає вдосконаленню за такими напрямками: облік впливу метеоумов на діяльність аеропорту; моделювання процесу перебукування ПС між місцями стоянок; деталізація швидкостей руху ПС на різних ділянках маршруту; поліпшення алгоритмів, що моделюють діяльність різних служб аеропорту та їх взаємодію між собою; моделювання руху спеціальної техніки й допоміжних транспортних засобів, що експлуатуються в районі аеропорту.

Значним недоліком проаналізованих імітаційних моделей є те, що вони розроблені без застосування геоінформаційних технологій [9–13]. Тому окрему увагу було приділено дослідженню матеріалів стосовно створення аеронавігаційних карт, які реально використовуються для обміну даними між різними користувачами, а в імітаційному моделюванні руху ПС є одним з основних його компонентів. Слід зазначити, що всі карти такого типу складаються відповідно до міжнародних стандартів якості ISO (серія стандартів 19100 з географічної інформації), рекомендованою практикою ICAO (Doc 8697-AN/872 ICAO), методикою наповнення аеронавігаційних карт і схем, умовними позначеннями і шрифтами, що використовуються на аеронавігаційних картах, та відповідають вимогам, які визначені Додатком 4 ICAO “Аеронавігаційні карти” та Doc 8697 ICAO “Посібником з аеронавігаційних карт”. У серії стандартів 19100 принципи комп’ютерного представлення географічної інформації задаються стандартами 19107 ISO (просторові характеристики об’єктів), 19108 (часові характеристики об’єктів), 19111 (просторова прив’язка з використанням координат), 19112 (просторова прив’язка з використанням географічних ідентифікаторів). Стандарт 19117 ISO містить визначення схеми, яка описує механізм зображення елементів географічної інформації, стандарт 19109 ISO – правила, які стосуються схеми застосування, а просторова геометрія й відповідні топологічні співвідношення визначаються в стандарті 19107 ISO.

Формулювання цілей статті. У роботі розглядається задача розроблення імітаційної геоінформаційної моделі представлення у реальному часі повітряної обстановки над визначеною зоною місцевості, де пролітають ПС, та наземної обстановки в районі аеродрому.

Виклад основного матеріалу. Для представлення поточної обстановки пропонується в автоматизованій системі управління ввести такі її складові:

- систему обробки та візуалізації зображень території аеропорту та прилеглої до неї місцевості у різних масштабах;
- систему обробки та представлення всіх рухомих об’єктів у вигляді символів на картографічному фоні контрольованої ділянки простору;
- систему детального відображення динамічних сцен польоту спостережуваних ПС.

Зрозуміло, що система представлення зображень території аеропорту та прилеглих до нього зон повинна містити базу картографічних даних реального часу, яка б давала змогу варіювати масштаб картографічного фону.

Отже, імітаційна модель міститиме як статичні елементи, представлені картографічним фоном, так і динамічні, що являють собою символи об’єктів, які рухаються в навколосемному просторі.

Як картографічний фон використано аеронавігаційні карти, які охоплюють всі етапи руху повітряного судна: рулювання від місця стоянки до точки зльоту, зліт і набір висоти для польоту за маршрутом, безпосередньо політ за маршрутом, зниження для заходу на посадку, захід з метою посадки і відхід на друге коло, посадка і рулювання до місця стоянки повітряного судна. Карти кожного типу повинні містити необхідну точну, лаконічну, чітку просторову інформацію, що виключає двояке трактування, придатну для читання за всіх нормальних умов виконання відповідного етапу польоту, з метою забезпечення його безпечного та швидкого виконання.

Подання інформації на карті кожного типу допускає плавний перехід від однієї карти до іншої відповідно до етапу польоту. При цьому слід забезпечити трансформацію символів об'єктів, що рухаються в навколосемному просторі і, відповідно, у міру їх наближення до центру злітно-посадкової смуги (ЗПС), трансформацію ділянки картографічного фону.

Пропонуються такі етапи трансформації символів і масштабів карт:

– “точка” (мікрорастр 3x3) для дрібномасштабної карти прилеглої до аеропорту зони (1:100 000 або 1:50 000);

– “хрестик у нулі” – карта 1:50 000 – 1:10 000;

– символ типу “літак” з масштабним коефіцієнтом K – карта 1:10 000 – 1:5000;

– символ типу “літак” з масштабним коефіцієнтом $2K$ – карта 1:5000 – 1:2000;

– символ типу “літак” з масштабним коефіцієнтом $3K$ – карта 1:2000 – 1:200.

Отже, виділивши основні етапи польоту, необхідно створити комплекс “електронних” аеронавігаційних карт для досліджуваного аеропорту України, які б відповідали вимогам ІКАО:

– **карта аеродрому** – призначена для забезпечення льотних екіпажів та інших користувачів повітряного простору інформацією, що допомагає здійснювати наземний рух ПС від місця стоянки до ЗПС і назад, а також забезпечувати необхідними експлуатаційними даними по аеродрому. Обов'язкового масштабу для побудови карти не існує. Робочий масштаб вибирають в кожному конкретному випадку залежно від розміру території, яка зайнята аеродромними засобами і будівлями, а також робочою площею вікна відображення листа карти;

– **карта наземного аеродромного руху** містить інформацію, яка допомагає здійснювати наземний рух ПС та розміщення їх на стоянці. Створюється в тих випадках, коли через велику кількість інформації на карті аеродрому/вертодрому (ІКАО) не можна достатньо чітко вказати необхідні відомості для наземного руху ПС по рульовим доріжкам до і від місць стоянки. Масштаб обирається з таким розрахунком, щоб забезпечити чітке відображення всіх елементів на карті;

– **карта стоянки літаків** містить докладну інформацію, яка допомагає здійснювати наземний рух ПС від рульових доріжок до місць стоянки і назад та їх розміщення на стоянці (постановку на стоянку). Необхідна у випадках, коли через складну систему аеродромних засобів таку інформацію не можна достатньо чітко показати на карті аеродрому/вертодрому або на карті наземного аеродромного руху. Масштаб повинен забезпечувати чітке відображення всіх елементів, які розташовані на карті;

– **карта аеродромних перешкод** потрібна для аеродромів, де присутні перешкоди в зонах траєкторій набору висоти при зльоті, аби забезпечити експлуатанта інформацією, необхідною для дотримання експлуатаційних обмежень. Перевищення вказуються з точністю до півметра або до фути, а лінійні розміри – з точністю до напівметра. Кожна карта повинна мати достатній розмір для нанесення всіх перешкод, що потрапляють у зону зльоту. Горизонтальний масштаб вибирається в межах від 1:10 000 до 1:15 000, а вертикальний масштаб – у десять разів крупніший за горизонтальний. Горизонтальний і вертикальний лінійні масштаби позначаються на карті в метрах і футах. Окремі віддалені перешкоди, через які треба було б занадто збільшити розмір листа, можуть позначатись відповідною умовною позначкою і стрілкою із зазначенням відстані і пеленга від найбільш віддаленого кінця ЗПС та величини їхнього перевищення;

– **карта місцевості і перешкод у районі аеродрому** відображає дані про місцевість і перешкоди й відповідні аеронавігаційні дані, що необхідні для: надання експлуатантові можливості дотримуватись експлуатаційних обмежень шляхом розроблення позаштатних процедур для використання у випадку аварійної ситуації при відході на друге коло або зльоті, а також на основі

аналізу експлуатаційних обмежень повітряного судна; забезпечення наступних прикладних процесів, що стосуються аеронавігації: побудови схем польотів за приладами (включаючи схеми польоту по колу); обмеження й усунення аеродромних перешкод; отримання вихідних даних для складання інших аеронавігаційних карт. За наявності такої карти карта аеродромних перешкод та карта місцевості для точного заходу на посадку не потрібна;

– **карта місцевості для точного заходу на посадку** містить докладну інформацію про профіль місцевості в межах заданої ділянки кінцевого етапу заходу на посадку з метою надання льотно-експлуатаційним підприємствам можливості оцінити те, як ця місцевість впливає на визначення висоти ухвалення рішення при використанні радіовисотомірів. Для карти рекомендується використовувати горизонтальний масштаб 1:2500 і вертикальний масштаб 1:500. Якщо на карті позначається профіль місцевості в межах більше, ніж 900 м (3000 фут) від порога ЗПС, то варто використовувати горизонтальний масштаб 1:5000;

– **карта району** містить інформацію, яка допомагає льотному екіпажу виконувати політ за приладами на таких етапах: перехід від польоту по маршруту до етапу заходу на посадку на аеродром; перехід від етапу зльоту/виходу на друге коло до польоту по маршруту; польоти в районах зі складними маршрутами обслуговування повітряного руху (ОПР) або складною структурою повітряного простору. Надається в тих випадках, коли маршрути ОПР або вимоги до повідомлень про місцерозташування є складними і не можуть бути належно зазначені на маршрутній карті. У тих випадках, коли для повітряних суден, які прибувають і які вилітають, встановлюються різні маршрути ОПР й різні вимоги до повідомлень про місцерозташування повітряного судна, які неможливо доволі чітко відобразити на одній карті, передбачаються окремі карти. Район, який зображується на кожній карті, включає точки, які чітко визначають маршрути вильоту і прибуття;

– **карта стандартного вильоту за приладами (SID)** забезпечує льотний екіпаж інформацією, яка дає йому можливість виконувати положення встановленого стандартного маршруту вильоту за приладами від етапу зльоту до етапу польоту за маршрутом. Район картографування є достатнім для зазначення точки, в якій починається маршрут вильоту, а також основної точки, яка обговорена і у якій може бути розпочатий етап польоту за маршрутом уздовж установленого маршруту ОПР;

– **карта стандартного прибуття за приладами (STAR)** забезпечує льотний екіпаж інформацією, яка дає йому можливість виконувати положення встановленого стандартного маршруту прибуття за приладами від етапу польоту за маршрутом до етапу заходу на посадку, коли стандартний маршрут прибуття за приладами встановлений і його неможливо вказати достатньо ясно на карті району. Карта виконується в масштабі, який повинен бути достатнім, щоби забезпечити чітке відображення та сприйняття усієї необхідної інформації, що поміщається на карту. Для ліній шляху та інших деталей карти, що мають занадто великі розміри для їх відображення у масштабі, застосовується умовний знак ділянки не в масштабі;

– **карта заходу на посадку за приладами** забезпечує льотні екіпажі інформацією, яка дає їм змогу виконувати політ відповідно до затвердженої схеми заходу на посадку за приладами на ЗПС призначення, включаючи відхід на друге коло. У відповідних випадках карта також надає інформацію для виконання польоту за встановленою схемою польоту в зоні чекання. Район картографування містить всі ділянки схеми заходу на посадку за приладами і такі додаткові зони, які можуть бути необхідні для цього типу заходу на посадку;

– **карта візуального заходу на посадку** передбачається для всіх аеродромів, що використовуються міжнародною цивільною авіацією, на яких: є в наявності лише обмежена кількість навігаційних засобів, або відсутні засоби радіозв'язку, або відсутні належні аеронавігаційні карти такого аеродрому і його околиць масштабу 1:500 000 чи більшого масштабу, або встановлені правила візуального заходу на посадку. У ній міститься інформація, що допомагає льотним екіпажам переходити від етапу польоту за маршрутом зниження до етапу заходу на посадку на задану ЗПС за візуальними орієнтирами. Використовується доволі великий масштаб, щоби забезпечити зображення важливих елементів рельєфу і плану аеродрому. Рекомендований масштаб

1:200 000 – 1:250 000. За наявності для певного аеродрому карти заходу на посадку за приладами, карта візуального заходу на посадку складається в тому самому масштабі;

– **маршрутна карта** містить інформацію, яка допомагає льотним екіпажам здійснювати літаководіння за маршрутами ОПП відповідно до правил ОПП. У тих випадках, коли в різних шарах повітряного простору встановлені різні маршрути ОПП, вимоги до повідомлення про місцезнаходження повітряного судна або бічні межі районів польотної інформації або диспетчерських районів, які неможливо достатньо чітко відобразити на одній карті, передбачаються окремі карти. Районом картографування вважають територію, до якої входить суша та водна акваторія як над територіальними водами, так і в районах за їх межами, в яких держава несе відповідальність за ОПП. Для забезпечення безперервності навігації, тобто плавного переходу від одного листа карти до іншого передбачається належне перекриття відображеної інформації між сусідніми листами карт. Масштаб карти обирається з врахуванням інформаційної завантаженості карти, вибраного формату та для забезпечення легкого читання і розуміння змісту карти. Рекомендований масштаб 1:1500 000;

– **аеронавігаційна карта масштабу 1:500 000** містить інформацію, яка необхідна для дотримання вимог візуальної аеронавігації при польотах на малій швидкості на короткі або середні відстані на малих і середніх висотах. Також може використовуватись: як основна аеронавігаційна карта; для основної підготовки льотно-штурманського складу; як додаткова карта до спеціальних карт, які не містять достатньо візуальної інформації; для планування польоту. Карта складається з окремих листів, кількість яких, з врахуванням масштабу, визначається розмірами району картографування. На карту наносять аеронавігаційну інформацію згідно із призначенням карти та врахуванням періодичності її поновлення;

– **оглядова карта мінімальних абсолютних висот** містить інформацію, яка дає змогу льотним екіпажам контролювати абсолютні висоти, що призначені диспетчером з використанням системи спостереження ОПП, і здійснювати їхню перехресну перевірку. На лицьовому боці карти чітко виділяється примітка із позначенням про те, що ця карта може використовуватись тільки для перехресної перевірки призначених абсолютних висот, коли повітряне судно розпізнане. Застосовується у тих випадках, коли встановлено схеми векторіння, тобто забезпечення навігаційного наведення ПС шляхом вказівки певних курсів на основі використання системи спостереження ОПП, а також коли мінімальні абсолютні висоти за напрямком руху ПС неможливо вказати достатньо ясно на карті району, карті стандартного вильоту за приладами (SID) або карті стандартного прибуття за приладами (STAR);

– **електронна аеронавігаційна карта** дає змогу льотному екіпажу вчасно планувати маршрути, контролювати маршрут польоту за допомогою системи відображення необхідної інформації, забезпечує відображення всієї аеронавігаційної й топографічної інформації, а також інформації про штучні споруди, яка передбачена вимогами ICAO. Дисплей електронної аеронавігаційної карти за рахунок резервування й відповідно до вимог ICAO до карт також може відображати додаткову інформацію до паперової версії відповідної карти, яка підвищує рівень безпеки навігації. Інформація, яка надається для відображення, поділяється на такі категорії:

а) основна інформація, яка зберігається постійно на дисплеї й складається з мінімального обсягу інформації, необхідної для безпечного виконання польотів;

б) інша інформація, яка може бути вилучена з дисплея або відобразитись окремо на запит й складатись з інформації, яка прямо не впливає на безпеку польотів.

Застосування перелічених вище різновидів карт при проведенні випробувань імітаційної моделі руху ПС має забезпечити досить докладну інформацію про динаміку роботи АП. Окрім аеронавігаційних карт, вихідними даними для імітаційної моделі є:

- структура повітряного простору над аеропортом та прилеглими до нього зонами;
- структура і часові характеристики вхідного потоку ПС;
- мінімуми ешелонування (поздовжнього, вертикального і бічного);
- льотно-технічні характеристики ПС;
- структура наземної транспортної мережі АП;
- технічні характеристики авіаційного наземного транспорту.

Статистичний аналіз параметрів повітряного руху, таких як інтенсивність польотів, розподіл літаків по ешелонам і ділянкам трас, кількість літаків, що одночасно знаходяться під управлінням, показує, що вони не стаціонарні в часі. На інтенсивність польотів впливають: пора року, день тижня, час доби. Неабияке значення в моделі відіграють і типи ПС, їх маса та діапазони швидкостей. У моделі повинна бути забезпечена імітація надходження потоку ПС у повітряний простір, що контролюється, управління їх рухом та аналіз небезпечних зближень ПС, що можуть статися внаслідок конфліктних ситуацій на пересічних трасах. Разом з тим мають бути проведені вибір та формалізація характеристик якості процесів наземного руху ПС, які здійснюються на основі аналізу показників пропускнуої здатності АП. Найзначущіми показниками, що характеризують процес руху ПС на льотному полі протягом доби за характеристиками часу руління й затримок в часі рулювання, є:

- добова динаміка прильоту і вильоту ПС;
- добова динаміка кількості ПС, які стоять у чергах;
- розподіл часу руління ПС протягом доби;
- максимальна кількість ПС, яким одночасно доводиться очікувати під час руління, за добу;
- середній час простою у чергах за всіма ПС за добу;
- середній час руління по всіх ПС за добу.

Маючи оцінки цих показників, можна зробити порівняльний аналіз роботи АП у різних умовах і при різних вихідних даних [2].

Не лише в системах імітаційного моделювання такого роду, а й у реальних системах, наприклад, у системах виявлення та попередження надзвичайних ситуацій на території АП, системах управління повітряним рухом, системах моніторингу наземних рухомих об'єктів в районі АП, велике значення мають системи відображення інформації. Вони підвищують ефективність роботи служб запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, диспетчерів повітряного та наземного руху, створюючи сприятливі умови для аналізу обстановки, виробленню адекватних дій щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій тощо. При проектуванні систем відображення інформації величезного значення набувають як програмні засоби, так і апаратне забезпечення, які забезпечуватимуть роботу цих систем. Тому зазначимо ряд загальних вимог, які висуваються до систем відображення інформації:

– відображення інформації у зручному для оператора вигляді, а саме – відображення інформації у вигляді динамічних сцен;

- можливість накладання інформації (“шари” карти);
- наявність декількох паралельних каналів введення/виведення інформації;
- забезпечення можливості введення інформації з різних апаратних джерел;
- швидка обробка введеної інформації та її відображення;
- достовірність, точність, актуальність інформації та ін.

Для адекватного оцінювання поточної обстановки на території аеропорту слід описати “нормальну” поведінку функціонуючих об'єктів та визначити критичні ситуації, які мають бути представлені параметрами, при наближенні до яких система реагуватиме як на порушення поточної ситуації на певній частині території, що контролюється та відображається на екранах відповідних служб, наприклад, відділу охорони, диспетчерського відділу [5].

Враховуючи зазначені фактори, для якісного оцінювання рівня безпеки поточної обстановки в районі АП маємо змоделювати загальну картину обстановки в обраному часовому інтервалі на заданій ділянці території. Як приклад розглянемо спочатку загальну ситуацію, зображення якої може бути представлено всією територією аеродрому з показом руху одного ПС за певний проміжок часу. Для найбільш наочного її представлення змоделюємо динамічну сцену без відображення інших рухомих об'єктів на території аеропорту (рис. 1).

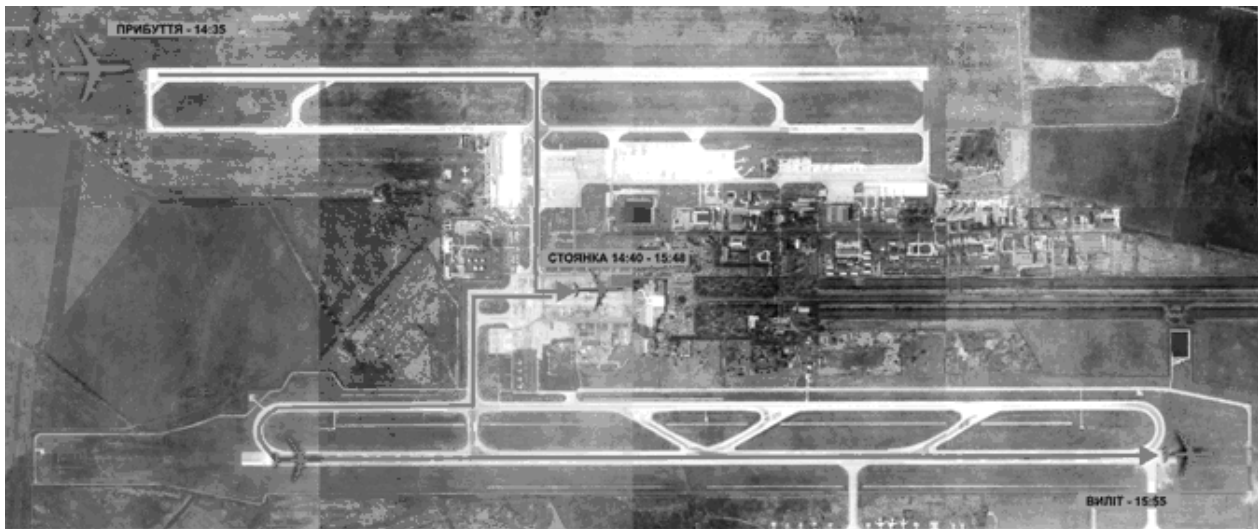


Рис. 1. Відображення сцени процесу прильоту-відльоту одного ПС за певний проміжок часу

При детальному відображенні всіх рухомих об'єктів на території АП потрібно мати збільшені символи цих об'єктів, зокрема ПС, обслуговувальний транспорт, людей. Для оператора будь-який символ, який відображається на екрані системи відображення інформації, є носієм інформації. Символ може нести інформацію як про сам об'єкт, так і про процеси, які з ним відбуваються. Сприймаючи такі сигнали, оператор синтезує картину контрольованих процесів, які пов'язані зі спостережуваними об'єктами та явищами, з урахуванням персональних особливостей, понять, наявного досвіду. Оператор у цьому випадку грає роль основного елемента системи [8]. Він контролює ситуацію, що склалася, та формує інтегральну оцінку її рівня безпеки. При цьому є два концептуальні рівні роботи оператора. Перший полягає в тому, що оператор сприймає інформацію, чітко усвідомлює обстановку, стан та проходження процесів. Оператор, опираючись на свої знання, досвід, уміння, знаходить самостійно вихід із позаштатної ситуації. В іншому випадку організації роботи оператора він виконує роль спостерігача, коли система сама приймає необхідні рішення, а оператор просто слідкує за її роботою та розвитком подій. Але за такої організації роботи оператор може і не знати про порядок дій в тій чи іншій позаштатній ситуації, а отже, в разі необхідності він не зможе проаналізувати правильність прийнятого системою рішення.


На зручність та наочність роботи операторів відповідних служб впливає обсяг інформаційних потоків, який потрібно обробляти. Джерела цієї інформації доволі різноманітні: ними можуть бути телефони, відеокамери, різні датчики, як-от пристрої визначення координат місцезнаходження тощо. Для підвищення наочності та зручності розпізнавання інформації, що надходить на екран оператора, введемо класифікацію символів, що будуть використовуватися в імітаційній моделі. Орієнтовну класифікацію символів (вид “згори”) та кольорової гамми ПС наведено в табл. 1.

Слід зауважити, що класифікація ПС може коригуватися безпосередньо користувачем залежно від роботи того чи іншого АП.

У табл. 2 подано орієнтовну класифікацію символів (вид “збоку”) транспортних засобів (ТЗ), які можуть перебувати в АП, ця класифікація також може змінюватися залежно від вимог користувача. Кольорову гамму використовуємо для забезпечення наочності та розсіювання уваги оператора. Так, “червоний” колір – об'єкт, який є підозрілим; “чорний” – звичайний режим роботи; “жовтий” – відхилення від курсу, “синій” – непрацездатний ТЗ. Можливе розширення кольорової гами за необхідності.









Таблиця 1

Вигляд символів повітряних суден

Вигляд символу	Об'єкти	Вигляд символу	Об'єкти
 символ	ПС для перевезення вантажів, пошти	 зелений колір	ПС, що очікують дозволу на підняття в повітря із пасажирами
 символ	ПС для перевезення невеликої кількості пасажирів	 синій колір	ПС, що потребують обслуговування (технічного, заправка)
 символ	Військові ПС	 червоний колір	Небезпечні або підозрілі ПС (відхилились від заданого маршруту або від місця їх планового перебування)
 символ	Ракети	 чорний колір	ПС, в які проводиться завантаження бортових припасів, вантажів
 символ	Гелікоптери	 жовтий колір	ПС, які знаходяться в повітрі

Таблиця 2

Зображення транспортних засобів на картографічному фоні території аеропорту

Вигляд символу	Об'єкти
	Вантажівки
	ТЗ для технічного обслуговування ПС
	ТЗ служб пожежної безпеки
	ТЗ медичної служби (швидка допомога)
	ТЗ служб авіаційної безпеки
	ТЗ для перевезення пасажирів
	Легкові автомобілі
	ТЗ для підвезення вантажів, бортових запасів

На території аеропорту завжди присутня велика кількість людей, які переміщуються час від часу. На моніторі оператора служби безпеки потрібно в зручному вигляді подати інформацію для стеження за потоками людей, слідкувати за їх пересуванням, адекватною поведінкою. Допомога операторові в такій важкій роботі вбудована система підтримки прийняття рішень, яка ґрунтується



на аналізі поведінкових функцій людей, систем відеонагляду та ін. Нами пропонується введення спеціальних символів, за допомогою яких можна умовно поділити людей, що присутні на території аеропорту, за спеціальними класифікаційними ознаками (табл. 3). Тут також не обійтися без кольорової гами, яка активізує увагу оператора. Кольорова гама може бути такою:

- “червоний” – небезпечна особистість, особистість, яка потребує уваги;
- “чорний” – особистість, яка себе адекватно поводить;
- “жовтий” – людина неадекватного поводження;
- “синій” – працівники аеропорту.

При виборі класифікаційних ознак потрібно витримувати кольорову гама на всіх символах для зручності роботи оператора, червоний колір символу у всіх випадках відобразатиме небезпеку тощо.

Таблиця 3

Символи для відображення переміщення людей на території аеропорту

Вигляд символу	Об’єкти
	Звичайні пасажери, працівники
	Працівники служб авіаційної безпеки

Авіатранспортні процеси обслуговування ПС в реальному часі зручно показати за допомогою карти території аеропорту із зазначенням на ній траєкторій під’їзду до ПС та синхронним рухом на її фоні символів спостережуваних об’єктів (рис. 2).

Імітаційну модель можна взяти за основу при створенні тренажера для диспетчерів аеропорту.

Практична реалізація пропонованої імітаційної геоінформаційної моделі представлення повітряної та наземної обстановки в районі аеропорту можлива за допомогою таких програмних засобів, які спроможні на картографічному фоні відображати динамічні сцени. Такого роду системи можуть бути спроектовані на базі геоінформаційних систем, як-от MapInfo, Панорама, із застосуванням об’єктно-орієнтованого середовища програмування Delphi.



Рис. 2. Представлення процесу деталізованого розташування та пересування обслуговувального транспорту на прикладі Boeing-747

Висновки. Сучасний аеропорт являє собою складний об’єкт, для опису функціонування якого запропонована імітаційна геоінформаційна модель, яка містить представлення повітряної та наземної обстановки в його межах та у прилеглий території. Моделювання поточної обстановки за певний проміжок часу, наприклад, при прибутті, перебуванні та відльоті літаків з аеропорту, повинне враховувати всі технічні характеристики об’єктів, а також обмеження, пов’язані з вимогами безпеки, однією з яких є вимога до засобів представлення інформації про поточну обстановку – забезпечення

режиму реального часу. Вимоги ІСАО до відображення ділянок картографічного фону у вигляді “електронних” аеронавігаційних карт різного масштабу повинні бути задоволені за допомогою запропонованих етапів синхронної трансформації масштабів карт і символів ПС. Така модель дає можливість операторам відповідних служб приймати обґрунтовані рішення з урахуванням всієї різноманітності факторів, які впливають на процес управління, що у свою чергу, дає змогу виявити та попередити надзвичайні ситуації у повітрі та на землі в районі аеропорту.

1. Артамонов А.А. Моделирование воздушного пространства в зоне аэропорта Рига на базе GPSS WORLD / Артамонов А.А., Якуив И.В. // Сборник докладов 1-ой всероссийской конференции “Опыт практического применения языков и программных систем имитационного моделирования в промышленности и прикладных разработках” (ИММОД-2003). – Т. II. – СПб: ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, 2003. 2. Местецкий Л.М., Щетинин Д.В. Имитационная модель наземного движения воздушных судов в аэропорту // Сборник докладов 1-ой всероссийской конференции “Опыт практического применения языков и программных систем имитационного моделирования в промышленности и прикладных разработках” (ИММОД-2003). – Т. II. – СПб: ФГУП ЦНИИ технологии судостроения, 2003. 3. Александров В.В., Сикачев В.Ю. Исследовательский комплекс моделирования движения воздушных судов в аэродромном пространстве // Сборник докладов 4-й Всероссийской научн.-практ. конф. “Имитационное моделирование. Теория и практика” (ИММОД-2009). – Т. I. – СПб: ОАО “ЦТСС”, 2009. – С. 210–214. 4. Дегтярев О.В., Сикачев В.Ю., Мучинский А.В. Особенности задач имитационного моделирования процессов управления воздушным движением (на примере задачи моделирования прилета/вылета в аэропорт) // Сборник докладов 4-й Всероссийской научн.-практ. конф. “Имитационное моделирование. Теория и практика” (ИММОД-2009). – Т. II. – СПб: ОАО “ЦТСС”, 2009. – С. 65–69. 5. Лобанчикова Н.М. Моделі та методи побудови автоматизованої системи виявлення та попередження надзвичайних ситуацій на території аеропорту: дис. канд. техн. наук: 05.13.06 / Лобанчикова Н.М. – Херсон, 2010. – 179 с. 6. ІСАО. Руководство по усовершенствованным системам управления наземным движением и контроля за ним (A-SMGCS) Doc 9830, 2004. – 100 с. 7. <http://www.forecsys.ru/ru/site/projects/domodedovo/>. 8. Васюхин М.И. Алгоритмические и программно-аппаратные методы и средства построения интерактивных геоинформационных комплексов оперативного взаимодействия: дис. докт. техн. наук: 05.13.13 / Васюхин М.И. – К., 2002. – 414 с. 9. Кан А. В., Минаенко В. Н., Филенкова Е. В. Синтез репрезентативных исследовательских потоков воздушного движения в задачах управления воздушным движением // Сборник докладов 4-й Всероссийской научн.-практ. Конф. “Имитационное моделирование. Теория и практика” (ИММОД-2009). – Т. II. – СПб: ОАО “ЦТСС”, 2009. – С. 96-99. 10. Бахиркин М. В., Орлов В. С. Распределенная модель динамической воздушной обстановки // Сборник докладов 4-й Всероссийской научн.-практ. конф. “Имитационное моделирование. Теория и практика” (ИММОД-2009). – Т. II. – СПб: ОАО “ЦТСС”, 2009. – С. 22–26. 11. Хижняк А., Белоус А., Шевяков А., Белый А. Разработка имитационной модели кластеризации воздушных объектов при решении задачи третичной обработки радиолокационной информации на основе теории нечетких множеств // Сборник докладов 4-й Всероссийской научн.-практ. конф. “Имитационное моделирование. Теория и практика” (ИММОД-2009). – Т. I. – СПб: ОАО “ЦТСС”, 2009. – С. 324–328. 12. Малыханов А.А., Кумунжиев К.В., Черненко В.Е. Среда имитационного моделирования транспортных систем // Сборник докладов 4-й Всероссийской научн.-практ. конф. “Имитационное моделирование. Теория и практика” (ИММОД-2009). – Т. I. – СПб: ОАО “ЦТСС”, 2009. – С. 284–287. 13. Борзунов А. В., Коротков А. А. Методология интерактивного имитационного математического моделирования автоматизированных систем управления корабельным зенитным ракетным оружием // Сборник докладов 4-й Всероссийской научн.-практ. конф. “Имитационное моделирование. Теория и практика” (ИММОД-2009). – Т. I. – СПб: ОАО “ЦТСС”, 2009. – С. 220–223.