

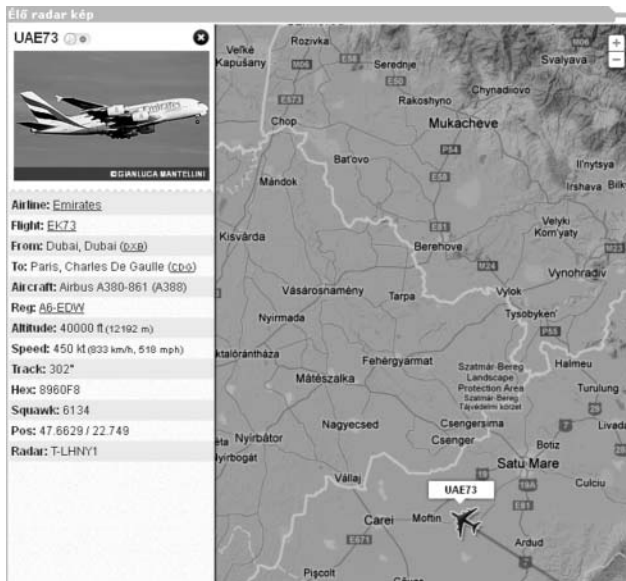
REPÜLŐGÉPEK SEBESSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA KÜLÖNBÖZŐ MÓDSZEREKKEL

Stonawski Tamás
Báthori István Református Gimnázium
és Kollégium, Nagyecsed

A repülőek mozgásának pályái a kondenzcsík miatt sokáig látszanak a földről a tiszta égbolton. A repülőgép pályája gyakorta egyenes, a légitársaság gazdaságossági szempontok alapján választja ki gépei útvonalait. A földi irányítás figyelmeztetheti, illetve javaslatot tehet a pilótának bizonyos pályamódosításokra, ha a körülmények azt kívánják. A légiirányítók a repülőket radar segítségével nyomon követik a monitoron, így nagyobb eséllyel akadályozhatják meg az esetleges légi katasztrófákat. Ma már lehetőség van arra, hogy a civilek is figyelemmel kísérhessék a repülőek mozgását élő radarfelvételen, az interneten [1]. A radarkép segítségével azonosíthatjuk is a repülőgépeket a számuk alapján

(hasonlóan az autók rendszámához) (*1. ábra*), és az adataikat is lekérhetjük, például mekkora a sebessége, repülési magassága, mi a repülőgép típusa, milyenek a méretei, mi az úti célja, indulási helye... stb.

2012. december 13-án derült ég volt Nagyecsed felett, így a repülőgépek azonosítása után szabad szemmel is nyomon tudtuk követni a monitoron kiválasztott gépeket. A Nagykároly felett elvonuló repülőgépeket szabad szemmel már Nagyecsedről is megfigyelhettük (Nagykároly–Nagyecsed távolság 23 km). A mérés során egy Dubaiból induló és Párizsba tartó airbust szemeltünk ki (UAE73 azonosítási számmal). A számítógépen az élő radart videóra vettük egy speciális prog-



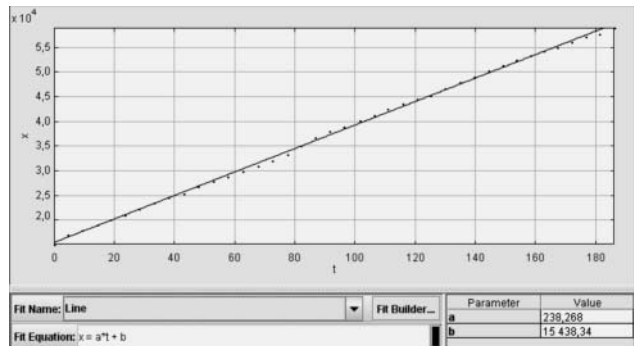
1. ábra. Az élő radarképről lekérhetjük a repülőgép műszaki és repülési adatait, és figyelemmel kísérhetjük a gép mozgását is.

ram [2] segítségével, közben kézi kamerával a repülőgép valóságos mozgását is rögzítettük, emellett a kijelzőn folyamatosan leolvastuk a repülőgép interneten közzétett pillanatnyi sebességértékeit, így három különböző módszerrel határozhattuk meg annak sebességét.

A radarkép elemzése videóanalízissel

A videóanalízishez a Tracker ingyenes letölthető szoftvert használtuk [3]. Az analízishez szükséges kalibrációhoz a térképen szereplő két város légvonalbeli távolságára volt szükségünk, amit a <http://www.tavolsag.info> oldalról kerestünk ki. Az élő radarkép frissítése igen gyors volt (1-2 s), így az analízist elég volt 60 képkockánként lefuttatni, hogy a repülőgépek mozgása folyamatos legyen a vizsgált képeken. Az x koordinátatengelyt a repülőgépek mozgásának egyenesében vettük fel, a haladási irányt megegyezően. A radarképen mozgó kiszemelt repülőgépeken 3 perces mozgásának $x-t$ grafikonján ábrázolt pontokhoz illesztett egyenes meredeksége a repülő sebességének a nagyságát adta (2. ábra). Ez az érték $238 \text{ m/s} \approx 857 \text{ km/h}$ -nak adódott. Az élő radaron leolvasott érték 833 km/h volt, azaz igen jól megközelítette a mért értéket (3% az eltérés).

3. ábra. A fényképezőgéppel készített felvételen jól kivehető a repülőgép alakja, ami a gép paramétereinek kalibrálásához volt fontos tényező.



2. ábra. Az élő-radar felvételének videóanalíziséből kapott $x(m)-t(s)$ grafikon. A grafikon pontjaira illesztett egyenes meredeksége a repülő sebességét adja.

Kézi kamerával készített film elemzése videóanalízissel

A kézi kamerás felvételt sajnos állvány nélkül készítettük, így az elemzéskor a kamera „reszketésével” is számolnunk kellett.

A repülőgép típusa alapján kikerestük annak hosszát [4], ami a megtett út kalibrálásához volt fontos, hiszen a repülőgép valódi hosszából így az analízis során a valóságos útértékeket rendelhettük hozzá az időhöz.

A felvételt (3. ábra) egy Panasonic DMC-FZ30 Lumix típusú fényképezőgéppel készítettük, amelyen 12-szeres optikai és négyszeres digitális zoom beállítást alkalmaztunk.

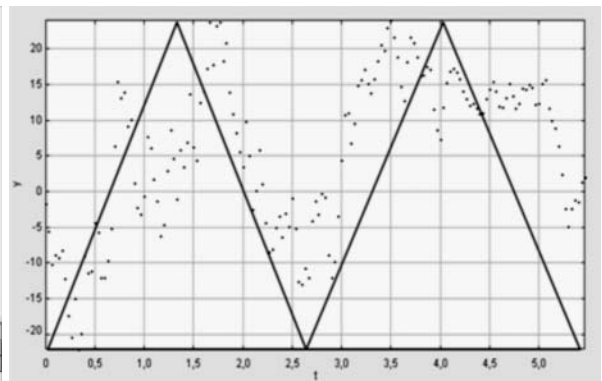
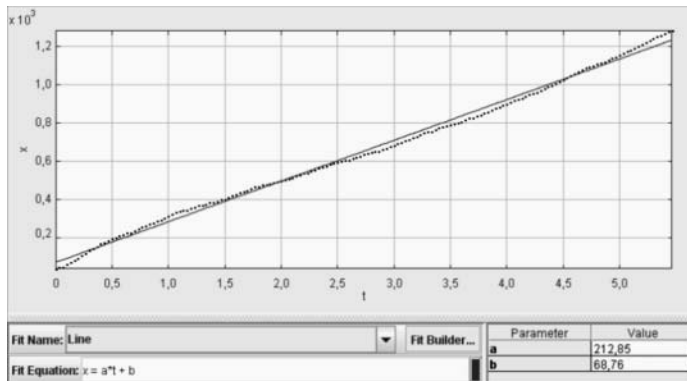
A felvételt akkor készítettük, amikor éppen feletünk járt a repülő, hogy az esetleges perspektivikus torzításokat kiküszöböljük. A felvételt szintén videóanalízisnek vetettük alá, az x tengelyt az egyenes vonalban mozgó repülő haladási irányában vettük fel.

Az $x-t$ grafikon pontjaira illesztett egyenes meredeksége a repülőgép sebességének nagyságát adta: $213 \text{ m/s} \approx 767 \text{ km/h}$.

A grafikon pontjait elemezve észrevehető egy periodikus sebességingadozás, ami a kamerát tartó kéz reszketésével magyarázható. A remegés időbeli változását az $y-t$ grafikonról tudtuk leolvasni (4. ábra). A remegés miatt a repülőgép képe ± 20 méterrel mozdult el az x tengely nyomvonaláról. Ha az elmozdulás időbeli lefolyását egyenletesnek tekintjük, az $y-t$ grafikon pontjaihoz rendelt fűrészvonal alapján leolvasható a sebesség „szórása”: $30 \text{ m/s} = 108 \text{ km/h}$. Azaz a repülőgép sebessége ezzel együtt: $767 \pm 108 \text{ km/h}$.

Következtetések

A méréseket diákszakkörön végeztük el. A diákok 10%-a utazott már repülővel, de a repülőgép utazási magasságát és sebességét a mérés előtt rosszul becsülték meg. A repülőgép sebességét átlagosan $300-400 \text{ km/h}$ -ra, a repülés magasságát $4-5000$ méterre becsülték, ami közelítőleg a valóságos értékek fele. A mérés legizgalmasabb része a repülő azonosítása volt, hiszen



4. ábra. A bal oldali $x(m)-t(s)$ grafikonon a pontsorhoz illesztett egyenes meredekségéből a repülő sebességét lehet leolvasni, de jól kivehető a periodikus „sebességingadozás” is. A jobb oldali $y(m)-t(s)$ grafikon az egyenes pályáról való letérést mutatja, ami a kamera remegéséből adódott. A pontsorhoz illesztett fűrészvonal a periodikusságot szemlélteti.

a monitoron azonosított gép valóságos helyét is megtalálták a tiszta égbolton. A kezdeti bosszúság, hogy a fényképezőgép állványát nem hoztuk az iskolába, egy újabb feladatot jelentett számunkra. Ezt a feladatot meg kellett oldani, hiszen a meteorológiai előrejelzések szerint akár több napig nem találkozhatunk derűs éggel. A reszkető kamera egy kicsit még a biológia felé is elkalauzolt bennünket, ami újabb érdekességek felé irányította a diákok figyelmét.

A radarképen feltűnő sebességérték a mérések ellenőrzését tette lehetővé. A vizsgált repülőgép a megfigyelés 3 perces szakaszában egyenes vonalú egyenletes mozgást végzett. Erről úgy győződünk meg, hogy a repülő pályáját kirajzoltattuk a képernyőre, a sebesség- és a magasságértékeket folyamatosan rögzítettük. A tanulók többsége megdöbbent, amikor ráébredt, milyen nagy forgalom zajlik a fejük felett, távoli országok utasait szállítva a célállomásig.

A konkrét méréseket tervezés előzte meg, megvittattuk, milyen módszereket fogunk alkalmazni a mérések során, a mérések után pedig az adatok kinyerése és hosszabb kutatómunka következett. Az elemzések is izgalmasak voltak, hiszen mindenki kíváncsi, mennyire közelítik meg eredményeink az internetes sebességértéket.

Végeredményben egy fantasztikusnak tűnő ötletet sikerült kivitelezni, amely siker úgy hiszem a diákok későbbi munkáinál is hasznos lehet: az aktuális feladatoknál törekedni fognak a felmerülő nehézségek leküzdésére.

Irodalom

1. <http://www.nagyutazas.hu/magyar/repulojegy/radar/>
<http://www.fliht radar24.com>
2. <http://www.techsmith.com/download/camtasia/default.asp>
3. <http://www.opensourcephysics.org/items/detail.cfm?ID=7365>
4. http://hu.wikipedia.org/wiki/Airbus_A380#M.C5.B1szaki_adatok