

5.) Mozgások leírása és vizsgálata

Egyszerűsített Hill-izommodell használata tömeg-rugó modellel - lehetséges az aszimptotikus stabilitás?

Patkó Dóra

Patkó Dóra (1), Zelei Ambrus (2)

(1) *BME Műszaki Mechanikai Tanszék, BP Műegyetem rkp. 3.*; (2) *MTA-BME Gépek és Járművek Dinamikája Kutatócsoport, BP Műegyetem rkp. 3.*

Az emberi egyensúlyozás, járás, futás, szökdelés vizsgálata egy izgalmas multidiszciplináris probléma, melyhez biológiai, fizikai, mechanikai, matematikai háttérismeretek szükségesek. A szakirodalomban sokféle mechanikai modellt alkottak annak érdekében, hogy jobban megértsük, mi befolyásolja a stabilitást mozgás közben, mekkora az energiafelhasználás, milyen szabályozás áll legközelebb az emberi mozgásszabályozáshoz. A mechanikai modell megválasztása függ attól, a futás melyik jellemzőjét szeretnénk vizsgálni elsősorban, és a megszerzett ismereteket mely területen szeretnénk hasznosítani; például robotika, orvoslástan, egyensúlyozást segítő termékek tervezése stb.

Munkánk során egy kibővített tömeg-rugó inverzingera modellt (spring loaded inverted pendulum) használtunk. Ez a mechanikai modell az egyik legegyszerűbb, széles körben kutatott modellje az emberi ugrálásnak, futásnak. A modellben található tömeg nélküli rugót lecseréltük egy invertált egyszerűsített Hill-féle izommodellre. Az invertálás azt takarja, hogy az izommodell nem húzóerőt, hanem nyomóerőt fejt ki, hiszen a támaszfázis második szakaszában szükséges az aktivációja, mikor a tömegpont felfele mozdul. Az egyszerűsített kifejezés arra utal, hogy az izommodell csupán az összehúzó elemet tartalmazza esetünkben.

Az összehúzóelemet általában egy maximálisan kifejezhető erő, az aktivációs szint, illetve hossz-erő és sebesség-erő karakterisztika jellemezi. Mivel mi a sebesség-erő karakterisztikát konstansnak vettük, így az aktivációs szintet is tudtuk végig konstansnak tekinteni, hiszen a mechanikai modell konzervatív. A hossz-erő karakterisztikát háromféle komplexitásban szokás alkalmazni, mi is ezekkel dolgoztunk; feltételezhetünk konstans, lineáris, illetve nem-lineáris Hill-féle kapcsolatot. A kutatás során azt vizsgáltuk, lehetséges-e ilyen körülmények között a mechanikai modell orbitális aszimptotikus stabilitása, illetve amennyiben igen, mi ennek a feltétele.

Mindhárom hossz-erő karakterisztika esetében találtunk olyan periodikus pályákat, melyek feltételesen orbitálisan aszimptotikus stabilisak voltak a konstans sebesség-erő feltétel mellett is. Függetlenül ugrálás során ez nem lehetséges, ott legalább lineáris sebesség-erő összefüggés szükséges ehhez. Azt találtuk, hogy aszimptotikusan stabilis periodikus pályák egy mechanikai

energiatartományon belül léteztek, és minden mechanikai energiaszinten volt instabil párjuk is. Az instabil ugrálást jellemezte a lassabb haladási sebesség a két periodikus mozgás közül.

A fentiek értelmében elmondható, hogy a vízszintes irányú sebesség stabilizáló hatással bír a mechanikai rendszerre. Habár a rendszer konzervatív, azáltal, hogy haladó mozgást végez a modell, képesek vagyunk úgy megzavarni, hogy a mechanikai energiaszintje ne változzon. Amennyiben zavarás során mégis megváltozik a rendszer mechanikai energiaszintje, de az a „megengedhető” tartomány belül marad, ahol még léteznek stabil periodikus pályák, akkor marad egy el nem tűnő hiba a megvalósuló és az eredeti trajektória között.