

Rendszerek az autóban

Dr. Max Gyula

BME, Automatizálási és Alkalmazott Informatikai Tanszék

Ki gondolná, hogy amikor sikerül megszereznie a jogosítványt, azzal, hogy belép a gépjárművezetők klubjába, egy hatalmas rendszer részesévé vált. Ha egy rendszer részese, el kell fogadnia azokat a szabályokat, amelyek ebben a társaságban uralkodnak.

- Adott időközönként, még ha nem is vezet autót, meg kell jelennie orvosi vizsgálaton, ahol eldöntik, hogy klubtag maradhat-e, vagy átkerül egy másik rendszerbe.
- Adót kell fizetnie, mert a gépjárműfenntartók rendszerébe tartozóknak ezt is meg kell tenniük.
- A biztonságról is gondoskodnia kell, így tehát szerződést kell kötnie a gépjármű- és utasbiztosítással foglalkozó társaságok egyikével.

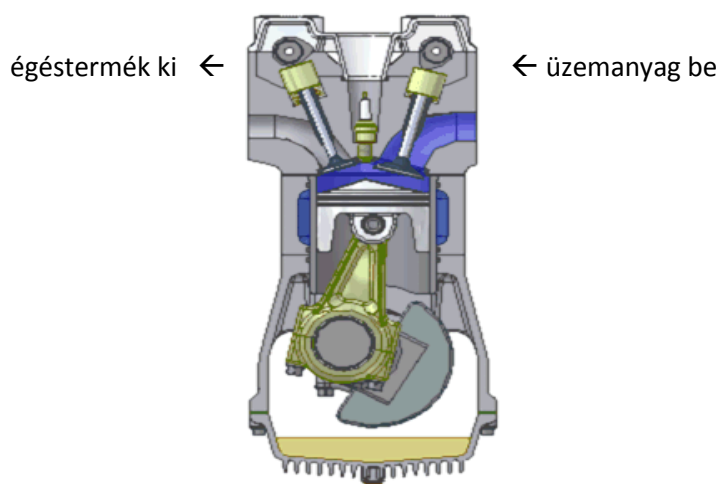
Még bele sem ült az autóba, és látható, hogy milyen sok rendszer önkéntes vagy kényszerű tagja lett. De emlékezzünk csak! Nem azért szerez bárki jogosítványt, hogy ezeknek a rendszereknek a részesévé váljon. Mert az igazi rendszer, amelynek használatáért oly sokat tesz, mégiscsak az a néhány köbméteres zárt doboz, amely elválaszt a világ többi részétől. Egy olyan rendszer, ahol, ha nem felejtettünk el benzint venni, egy széles üvegfelületen keresztül nézhetjük a mellettünk elsuhanó világot, még hozzá olyan sebességgel, amilyennel akarjuk. Vajon mit tud ez a rendszer, amely oly csábítóvá tudja tenni magát a hétköznapi ember szemében?

Az autó egy rendszer. A világ többi részétől egy határozott körvonallal elválasztott egység. Viszont, ha meg akarnánk fogalmazni az autót, mint egy rendszert, bajban lennénk. Valójában nem beszélhetünk egyetlen rendszerről. Egy autó rendszerek összessége, hiszen van benne mechanikus, elektromos, vegyi és más egyéb rendszer is. És van benne vegyi-elektromos és elektromechanikus rendszer is. Vajon akkor ebből mi az autó?

1. Rendszerek az autóban

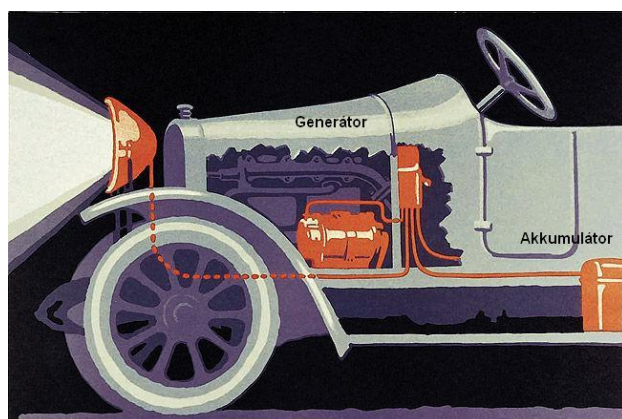
Nem kell sokat gondolkodnunk. Ez az egész az autó. Az autóban van például

- vegyi anyaggal hajtott mechanikus rendszer (a motor) (1. ábra)
[<http://hu.wikipedia.org/wiki/Otto-motor>]



1. ábra Forgómozgást előállító belső égésű motor

- mozgási energiát elektromos energiává átalakító rendszer (generátor-akkumulátor) (2. ábra)
http://www.vezess.hu/hirek/szazeves_generator/44214/



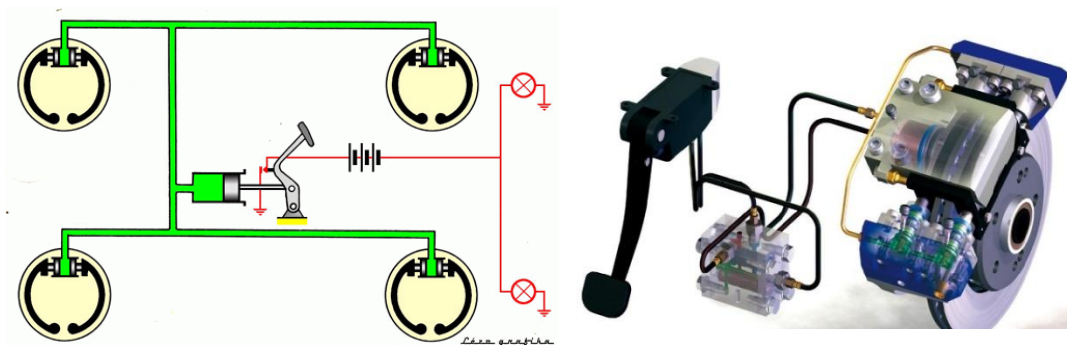
2. ábra Az autó elektromos energiáját előállító rendszer

- számítógép vezérelt biztonsági rendszer (ABS) [<http://hu.wikipedia.org/wiki/ABS>] (3. ábra)



3. ábra A FIAT Punto 4 csatornás ABS rendszer

- mechanikus vagy félautomatikus irányítórendszer (fékrásegítő rendszer) (4. ábra)
<http://lezo.hu/szerkezztan/futomuvek/fek/tipusok/hidraulikus.html>



4. ábra Az autó fékrásegítő rendszere

Az autóban lévő részrendszerek közül két rendszert fogunk kissé részletesebben megvizsgálni, a motor hűtését, illetve sebességszabályozását.

2. Szabályozás az autóban – a motor hőmérsékletének szabályozása

A motor rendszermodellje alapul szolgál a szabályozás megtervezéséhez. Az mindenki számára egyértelmű, hogy ha a motor működéséből származó fűtőtelteljesítménynél kevesebb hőt vonunk el a motortól, akkor a motorunk egyre melegebb lesz.

Korlátok:

Elméletileg ez addig folytatódhat, amíg a motor el nem olvad. Ez az eset egy instabil rendszert írna le, mert a folyamat végén már nem lenne lehetőségünk arra, hogy rendszerünket az eredeti állapotba vissza tudjuk állítani.

Célok:

Természetesen nem ez a cél lebeg a szemünk előtt. Azt szeretnénk elérni, hogy motorunk egy általunk meghatározott üzemi hőmérsékletnél ne legyen melegebb.

Nézzük meg közelebbről az első példaként említett motorhűtő rendszert. A rendszer feladata a motor hőmérsékletének üzemi hőmérsékleten tartása. Ezt az egyszerűbb járműveknél könnyű megoldani, mert a menetszelet rávezetjük a motorra, és ezzel megoldottuk annak hűtését. Bonyolultabb motorok esetén ez már nem működik, mert a motor hőtermelése sokkal nagyobb, mint amit a menetszélel szabályozni lehetne. Ezért egy ventilátort állítanak a motor oldalához, melynek fordulatszáma valamilyen arányban áll a motor hőmérsékletével. Ehhez a folyamathoz hasonlóval gyakran találkozunk a konyhában. A forró levest nem tudjuk megenni, tehát először le kell hűtenünk. Elkezdjük fűjni. Ha a hőmérsékletét csak egy kicsit kell csökkenteni, vagy kis mennyiségű levest, pl. egy kanálnyit kell hűteni, akkor csak keveset kell fűjni. Ha azonban azt akarjuk, hogy az egész tányér gyorsan lehűljön, akkor bizony neki kell veselkednünk a fűjásnak, vagy más módszert kell bevetnünk. Pl. öntünk egy kis hideg vizet a meleg leveshez.

A szabályozás megtervezéséhez felhasználjuk a rendszer modelljét. Ezeket a folyamatokat könnyű modellezni. Ismernünk kell a folyamat állapotát meghatározó jeleket, jelen esetben a motor vagy a leves hőmérsékletét. Meg kell határozni a szabályozás (beavatkozás) formáját: fűjni fogunk. Információt kell kapnunk rendszerünk állapotának változásáról a szabályozás alatt, vagyis tudnunk kell, hogy kell-e még fűjni. Ezt a folyamatot állapotváltozói segítségével tartjuk kézben. Jelen esetben

ez a hőmérséklet. Ezt az állapotváltozót azonban tudnunk kell mérni, például egy hőmérő vagy a nyelvünk segítségével.

Fontos azonban a pontosság is. A motor üzemi hőmérsékletének mérésekor tévedhetünk akár 10 fokot is, nagyobb következménnyel általában nem kell számolnunk. A leves esetén ez a 10 fok már nem biztos, hogy elfogadható. A szabályozás megvalósításakor mérésünk eredményét össze kell tudnunk hasonlítani a kívánt hőmérséklettel, mert ebből fogjuk tudni, hogy vajon kell-e még fűjni vagy milyen erősen kell még fűjnünk. A feladatunk ezután már csak az, hogy a megkívánt és a tényleges hőmérséklet különbséggel arányos hűtőtéljesítményt hozzunk létre, amit a folyamatra tudunk irányítani.

A motor hőmérsékletét három tényező fogja befolyásolni:

- a motor működéséből fakadó fűtőtéljesítmény
- a környezet hűtőtéljesítménye
- a motorra fűjt hűtőtéljesítmény

A rendszer differenciálegyenlete azt mutatja meg számunkra, hogy egy időegység alatt mi okozhatja a motor hőmérsékletének változását. Ez származhat a motorban felszabaduló hőmennyiség változásából, vagy a motort körülvevő levegő hűtő hatásából, vagy a ráfűjt levegőmennyiség hűtő hatásából. (1) a motor munkaponti hőmérsékletének alakulását mutatja be ventilátor felhasználása esetén.

$$\frac{dT}{dt} = \frac{Q_{\text{motor}}}{c_{\text{motor}} \cdot m_{\text{motor}}} - c_{\text{körny}}(T - T_{\text{körny}}) - c_{\text{levegő}}(T - T_{\text{körny}}) \quad (1)$$

ahol

T	a motor hőmérséklete [K]
t	idő [s]
Q_{motor}	a motor által leadott hőteljesítmény [Joule/sec]
c_{motor}	a motor hővezetési együtthatója [Joule/kg K]
m_{motor}	a motor tömege [kg]
$c_{\text{körny}}$	a környezet hőátadási mutatója [1 / sec]
$c_{\text{levegő}}$	a levegő hőátadási mutatója [1 / sec]
$T_{\text{körny}}$	a környezeti hőmérséklet [K]

Beavatkozási lehetőségek

Talán az is egyértelmű mindenki számára, hogy az Északi-sarkon a ventilátorunknak kevesebb energiára van szüksége ugyanolyan hűtés eléréséhez, mintha ugyanezt a rendszert az egyenlítőnél szeretnénk hűteni. De akkor is kevesebb, a ventilátor által szolgáltatott hűtési energiára van szükség, ha autónk száguld az utakon. Hiszen ki ne látott volna már olyan kocsikat, amelyeket egy dugó közepén kellett valahogy kivontatni vagy kitolni a sorból, mert felforrt a hűtővíze.

A szabályozás menete

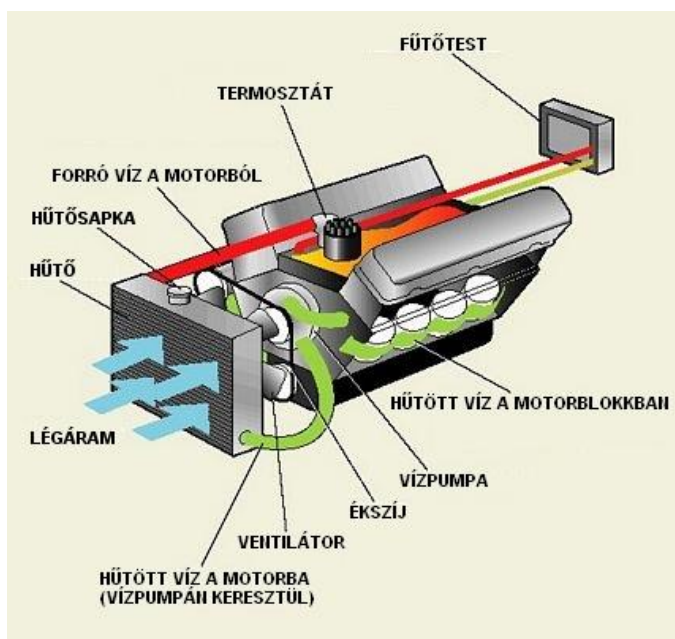
Ha a felhasználói kézikönyvből meg tudjuk mondani az üzemi hőmérséklet általános értékét, akkor a szabályozórendszerünk bemenőjele, az alapjel már rendelkezésünkre áll. Kimenőjelnek megfelel a szabályozatlan rendszerünk kimenőjele, azaz a motorblokk külsején mérhető hőmérséklet.

Ezt követően már „csak” a szabályozót kell elkészítenünk és azt eldönteni, hogy vajon vezérelni, vagy szabályozni akarunk-e? Egyszerűbb járművek esetén kényelmesebb az 5. ábrán látható vezérlést választani, amikor a menetszelet egyszerűen rávezetjük a motorra, és ezzel megoldottuk annak hűtését. Az ábrán az is jól látszik, hogy a tényleges hűtőteltjesítményt a felület, azaz a bordázottság mértékének változtatásával, növelhetjük. Itt a problémát az okozza, hogy ezt a hűtőteltjesítményt nem tudjuk a későbbiekben változtatni.



5. ábra Léghűtés alkalmazása egyszerűbb motorok esetén

Bonyolultabb motorok esetén ez már nem működik, mert a motor hőtermelése sokkal nagyobb, mint amit a menetszéllal szabályozni lehetne. Ezért egy ventilátort is állítanak a motor oldalához, ahogy azt a 6. ábra mutatja, melynek fordulatszáma valamilyen arányban áll a motor hőmérsékletével. Ebben az esetben már szükségünk van a szabályozási folyamat kimenőjének értékére is, azaz egy visszacsatolást is be kell iktatni a rendszerbe, mert adott üzemi hőmérséklet eléréséhez a környezeti hőmérséklettől függően a hűtőventilátoron más és más fordulatszámot kell beállítani.



6. ábra Ventilátoros vízhűtés alkalmazása a motorblokkban

Ehhez a folyamathoz hasonlóval gyakran találkozunk a konyhában. A 7. ábrán kimert forró levest nem tudjuk megenni, tehát vagy megvárjuk, hogy lehűljön, vagy elkezdjük hűteni.



7. ábra A forró leves ehetetlen

Ha van időnk várni és a motor hőmérsékletét a leves hőmérsékletével helyettesítjük, akkor láthatjuk, hogy egyenletünk első tagja a belső hőforrást reprezentálja, míg a második tag a környező levegő hűtő hatását mutatja.

$$\frac{dT}{dt} = \frac{Q_{\text{leves}}}{c_{\text{leves}} \cdot m_{\text{leves}}} - c_{\text{körny}} (T - T_{\text{körny}}) \quad (2)$$

Stresszes életmódunk következtében azonban erre legtöbbször nincs időnk. Azaz a levest elkezdjük fűjni. Ha a hőmérsékletét csak egy kicsit kell csökkenteni, vagy kis mennyiségű levest, pl. egy kanálnyit akarunk hűteni, ahogy azt a 8. ábra mutatja, akkor csak keveset kell fűjni, és közben nyelvünkkel mérni tudjuk az elért eredményt. Ha nyelvünk megmaradt, akkor nyugodtan lenyelhetjük a levesünket.



8. ábra Léghűtés alkalmazása kis mennyiségű leves esetén

Ha azonban azt akarjuk, hogy az egész tányér gyorsan lehűljön, akkor bizony neki kell veselkednünk a fűjásnak, vagy más módszert kell bevetnünk. Pl. nagy hőelvonást biztosító anyagot adunk rendszerünkhöz (egy pohár hideg vizet öntünk a meleg leveshez). Ha nem akarunk abszolút biztosra menni a hűtéssel, vagyis nem egy rúd jeget teszünk a levesbe, akkor lehet, hogy a fűjáról sem kell lemondanunk, vagyis mindkét hűtési folyamatot használhatjuk a cél elérésének érdekében, ahogy azt a 9. ábra mutatja.

Fújás



9. ábra Kombinált hűtés alkalmazása nagyobb mennyiségű leves esetén

Az eredményről, azaz a hűtés mértékéről, itt is, akárcsak az előbbi példában, a nyelvmegmaradási törvény segítségével győződhetünk meg.

A motor megfelelő hőmérsékletének szabályozásához

Ismernünk kell a folyamat állapotát meghatározó jeleket, jelen esetben a motor (vagy a leves) hőmérsékletét.

- Meg kell határoznunk a szabályozás formáját: fújni fogunk és nem öntünk hideg vizet a motorra.
- Információt kell kapnunk rendszerünk állapotának változásáról a szabályozás alatt, vagyis tudnunk kell, hogy kell-e még fújni.
- Meg kell határoznunk szabályozórendszerünk be- és kimenő jeleit:
 - alapjel: a maximálisan elérhető munkaponti hőmérséklet
 - kimenőjel: a motor aktuális hőmérséklete, valamint szabályozás esetén a beavatkozó jel(ek)et is: a ventilátor fordulatszáma
- Ismerünk kell a beavatkozáshoz szükséges fordulatszám hőmérsékletcsökkentő hatását, vagyis a szögsebesség hőmérséklet függését $\omega = \omega(T)$, a hőmérséklet/fordulatszám átalakító elkészítéséhez. Mert úgy fogunk hőmérsékletet csökkenteni, hogy a fordulatszámmal arányos levegőtömeget fújunk a motorra, ami átvezeti a motorból felszabaduló hőt, ezzel hűtve a motorblokkot.

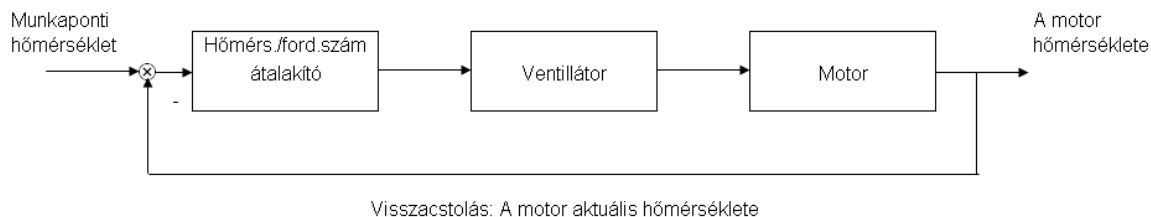
Ezek után már könnyű egy szabályozási rendszert kialakítani. A szabályozandó folyamatot **állapotváltozói** segítségével tartjuk kézben. Jelen esetben ez a hőmérséklet.

Rendszerünk **alapjele** a kézikönyvből kiolvasott munkaponti (üzemi) hőmérséklet, míg **kimenőjele** a motor mért, aktuális hőmérséklete lesz.

Azt azonban vegyük figyelembe, hogy a motorblokk mért hőmérséklete több tényező együttes hatásától függ, azaz ezek együttes hatása, eredője fogja megadni számunkra az aktuális hőmérsékletet. Röviden ez azt jelenti, hogy a motornak több esetben is ugyanakkora lehet a hőmérséklete. Pl.: nagy sebességgel haladva és ezzel nagy léghűtő teljesítményt indukálva, vagy alacsonyabb sebességen kis léghűtő teljesítmény mellett.

Mindezekről függetlenül választott állapotváltozónkat azonban tudnunk kell mérni, például a motor hőmérsékletét egy hőmérővel (vagy a levest a nyelvünk segítségével). Fontos azonban a pontosság is. A motor üzemi hőmérsékletének mérésekor tévedhetünk akár 10 fokot is, nagyobb következménnyel általában nem kell számolnunk. A leves esetén ez a 10 fok már nem biztos, hogy elfogadható.

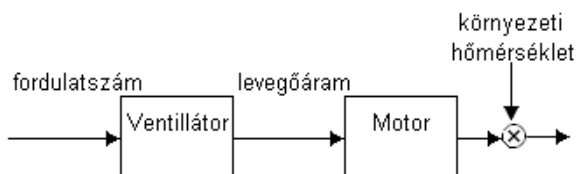
Ezek alapján már összeállíthatjuk a szabályozás sémáját, ahogy azt a 10. ábra is mutatja:



10. ábra A motor munkaponti hőmérsékletének szabályozása

Mérésünk eredményét össze kell tudnunk hasonlítani a kívánt hőmérséklettel, mert ebből fogjuk tudni, hogy vajon kell-e még fűjni vagy milyen erősen kell még fűjnünk. A feladatunk ezután már csak az, hogy a megkívánt és a tényleges hőmérséklet különbséggel arányos hűtőtéljesítményt hozzunk létre, amit a folyamatra tudunk irányítani. Vizsgáljuk egy kicsit részletesebben a szabályozási folyamatot.

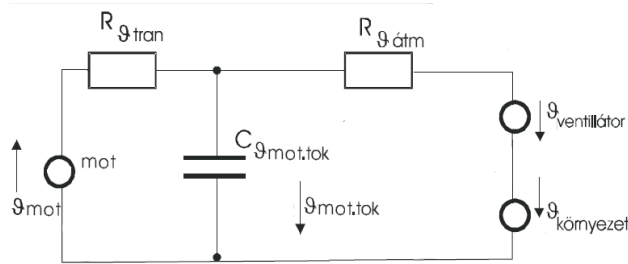
Vegyük először magát a 11. ábrán látható szabályozandó folyamatot, melynek jelen esetben bemenőjele egy a hűtőventillátor fordulatszámaival arányos hűtőtéljesítmény, kimenőjele pedig a hőmérséklet. A folyamatnak a valóságban van egy másik bemenőjele is, a befecskendezett üzemanyag mennyiség. Ezt most állandónak tételezzük fel, mint ahogy a léghűtésből származó hűtést is. Ez utóbbit azért tehetjük meg, mert – menetirány szerint – a motor előtt található ventillátor teljesen letakarja a motorblokkot a menetszéltől, vagyis közvetlenül csak a környezeti hőmérséklet hűtőhatása érvényesül.



11. ábra A szabályozandó folyamat és a szabályozó

Folyamatunk leírásához ezért szükségünk van egy olyan átalakítóra, ami a fordulatszámból hűtőtéljesítményt, hűtőtéljesítményből pedig hőmérsékletet tud csinálni. Ha ez megvan, akkor egy másik eszközre, egy különbségképzőre is szükség lesz, ami össze tudja hasonlítani a megkívánt és a tényleges hőmérsékletet, mert ennek hiányában nem tudjuk meghatározni azt a fordulatszámot, amellyel arányos hűtőtéljesítményt kell majd a folyamatunkra irányítani.

A bevezetőben láthattuk, hogy az állapotváltozókat többféleképpen is megválaszthatjuk. Ezek az állapotváltozók lehetnek olyanok is, amelyek csak az egyenletek matematikai leírásában, formájában követik a tényleges rendszerünket. Azaz modellezzük a modellünket. Ez olyan esetekben hasznos például, amikor az eredeti folyamatunk túlságosan lassú, és egy gyorsabb modellel helyettesítjük az eredeti modellünket, mint például a 12. ábrán látható villamos áramkör, amellyel a hővezetési folyamatokat modellezzük.



12. ábra A motor munkaponti hőmérsékletének szabályozása ventillátorral

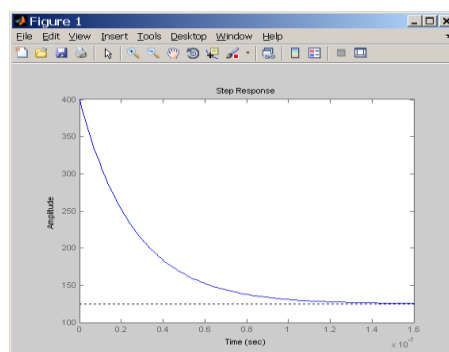
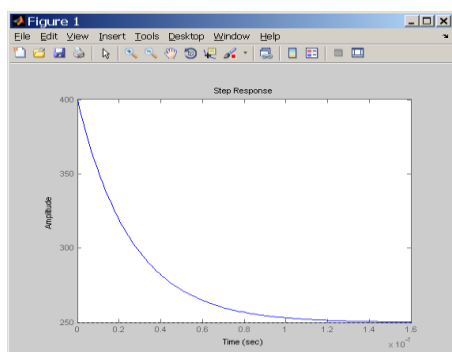
Az eredeti folyamatunkban a belső égésű motor hője lassan felmelegíti a külső motorblokkot, amit kívülről egy ventillátorral hűtünk, a környezeti hőmérséklet figyelembe vétele mellett. A motor belsejéből a meleg a motor külseje felé áramlik, mert az hidegebb, de a ventillátor felől is áramlik levegő a motor külseje felé. A motor belső hője a motor falán keresztül fűti, a külső levegő áramlása pedig hűti a motort. A hűtés annál erősebb, minél nagyobb a motor és a környezeti levegő hőmérsékletének különbsége.

Ugyanez a folyamat játszódik le az áramköri modellen is, ahol a motor hőmérséklete (Θ_{mot}) miatt keletkező hőáram feltölti a $C_{\Theta_{\text{mot.tok}}}$ kondenzátort az $R_{\Theta_{\text{tran}}}$ ellenálláson keresztül, vagyis mivel a motorblokk jó hővezető, ezért közel a motor belső hőmérséklete fog megjelenni a motorblokk külsején. Ezzel szemben a ventillátor és a környezet hőmérsékletéből származó teljesítmény árama kisüti a $C_{\Theta_{\text{mot.tok}}}$ kondenzátort. A folyamat átviteli függvényét (3) adja meg, ahol a hőmérsékletet (Θ) a feszültséggel (U) helyettesítjük, míg az $R_{\Theta_{\text{átm}}} / R_{\Theta_{\text{tran}}} = 0.026/48$ arány a levegő és az acél hővezetési együtthatóinak arányát fejezi ki.

$$U_{\text{mot.tok}} = U_{\text{mot}} \cdot \left(1 - \frac{R_{\Theta_{\text{átm}}}}{R_{\Theta_{\text{tran}}} + R_{\Theta_{\text{átm}}} + R_{\Theta_{\text{tran}}} \cdot R_{\Theta_{\text{átm}}} \cdot C_{\Theta_{\text{mot.tok}}} \cdot s}\right) - \quad (3)$$

$$(U_{\text{körny}} + U_{\text{vent}}) \cdot \frac{R_{\Theta_{\text{tran}}}}{R_{\Theta_{\text{tran}}} + R_{\Theta_{\text{átm}}} + R_{\Theta_{\text{tran}}} \cdot R_{\Theta_{\text{átm}}} \cdot C_{\Theta_{\text{mot.tok}}} \cdot s}$$

Látható, hogy állandó környezeti hőmérséklet és állandó motorteljesítmény mellett a motor hőmérséklete csak a ventillátor által keltett levegőáramtól függ. Egy példán keresztül vizsgáljuk meg a motorblokk külső hőmérsékletváltozását. Tegyük fel, hogy a külső hőmérséklet 25°C , amit most egységnyi légáramnak fogunk tekinteni, és a ventillátor által befűjt levegő mennyiségét fogjuk változtatni. Ha a motor belső hőmérséklete 400°C , akkor a (3) egyenlet első tagja megmutatja, hogy mennyivel kevesebb értéket mérhetünk a motorblokk külső felületén, magának a motorblokknak a hűtőhatása miatt. Számításaink azt mutatják, hogy ezekkel az értékekkel számolva az eltérés kb. 0.2°C . Ez 0.05%-os hibát jelent, ami minden bizonnyal elhanyagolható. Ha a ventillátor által a motorblokkra fűjt levegő tömegét 5 egységnyinek vesszük, akkor a 13. ábrán látható átmeneti függvény fog kirajzolódni a szemünk előtt. Ugyanezt a folyamatot tízszeres levegőmennyiség befújása mellett modellezve láthatjuk, hogy nagyobb mennyiségű levegő befújása mellett több hőt tudunk elvonni a motorról, vagyis a motorblokk hőmérséklete jobban csökken.



13. ábra A motorblokk külső hőmérsékletének alakulása 5x-ös és 10x-es levegőmennyiség befújása esetén

De miért választunk egy elektronikai modellt, amikor a hőtani folyamatot akarjuk modellezni? Ennek több magyarázata is van. Először is mindkét folyamatnak hasonlóak a leíró egyenletei. Tudjuk azt, hogy egy kondenzátorra jutó feszültség nem változhat ugrásszerűen, ugyanúgy, mint ahogy egy motor hőmérséklete sem. Másrészt az elektromos folyamatok sokkal gyorsabban lejátszódnak, mint a hőtani folyamatok, azaz, ha pontos megfeleltetést találunk a két rendszer leíró egyenletei között, akkor a hőtani folyamat szimulálható egy gyorsabb folyamattal, azaz hamarabb kapunk eredményt folyamatunk jellemzőinek változásáról, ahogy ezt a 13. ábra időtengelyei is mutatják. Itt a folyamatok mikroszekundumok alatt lejátszódnak, míg a valóságban ezek a folyamatok több percet vesznek igénybe. Gondoljunk csak arra, hogy milyen sokat kell várni télen, amíg az autóban, az elindulás után meleg lesz.

3. A motor sebességének szabályozása

A folyamat

A befecskendezett üzemanyag mennyisége ($m = \rho \cdot V$) arányban áll az elért sebességgel. Az arányosság mértéke ugyan nem ismert, de az autó sebességét (4) a kerek sugarának (r) és a fordulatszámnak (ω) és egy, a sebességváltó áttételekből származtatott arányosító tényezőnek (c) a szorzata fogja megadni ($v = c \cdot r \cdot \omega$).

$$\frac{\rho \cdot V}{t} = k \cdot (\omega - \omega_0) \quad \text{és} \quad v_{\text{autó}} = c \cdot r \cdot \omega \quad (4)$$

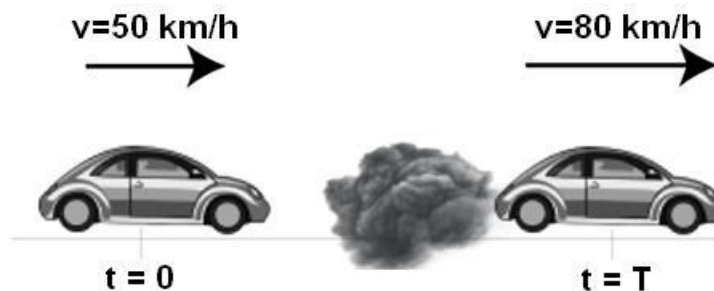
(4) azt mutatja, hogy a motor fordulatszámának a megváltozását, a k arányossági tényezőt figyelembe véve, csak a befecskendezett üzemanyag mennyisége határozza meg, azaz elméletileg minél több üzemanyagot juttatunk a motorba, annak annál nagyobb lesz a fordulatszáma. Ennek segítségével pedig egyre nagyobb – a korlátozó tényezők figyelembe vételében természetesen nem végtelen – sebesség érhető el.

Korlátok:

- alsó korlát: egy minimális üzemanyag mennyiség szükséges a motor működéséhez (alapjárat), mert különben leállna a motor.
- felső korlát: egy adott maximális mennyiségnél több üzemanyagot nem tudunk a hengerekbe fecskendezni, mert a henger űrtartalmánál több nem fér bele.

Célok: Az autó általunk megkívánt sebességének elérése.

A hétköznapi autóhasználat során is szinte minden cselekvés, amelyet egy vezető végrehajt a kocsival szabályozandó események sorozatát indítja el. Talán a legkézenfekvőbb ezen események közül a gyorsítás vagy a lassítás. Ez esetben az a célunk, hogy kocsink egy másik sebességen működjön, azaz a jármű sebesség munkapontját akarjuk nagyobbra vagy kisebbre állítani (14. ábra).



14. ábra A sebességváltoztatás

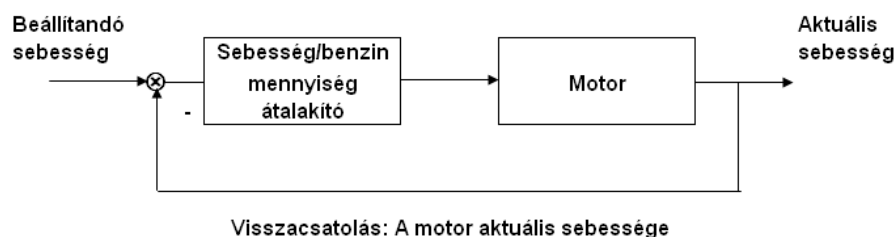
Ebben az esetben is felrajzolhatjuk szabályozási rendszerünk modelljét, amelyben

A **rendszer belső állapotát**, a jármű aktuális sebessége mutatja (v_{akt})

Bemenőjele a gázpedál vagy a fék lenyomásával beállítandó új, a 15. ábrán látható sebesség (v_{be}).

Ne felejtsük el, ez lehet nulla is, ha meg akarunk állni. Negatív sebességet azonban nagyon nehéz előállítani, mert ahhoz már komoly beavatkozásokat kellene tennünk. Ez ugyanis azt jelentené, hogy nemcsak a sebesség nagyságát, vagy mérnöki szempontból pontosabban kifejezve az abszolút értékét kellene csökkentenünk, hanem mivel a sebesség esetében egy vektoriális kifejezésről beszélünk, az irányát is meg kellene változtatnunk. Negatív sebességet ne akarjunk hirtelen előállítani. Ez mindig egy folyamat eredménye legyen, ami vagy az adott sebességhez alkalmazkodó körpályán történő 180 fokos fordulat után történik meg, vagy pedig először a sebesség abszolút értékét csökkentjük le nullára: megállunk, majd hátramenetbe kapcsolva elindulhatunk hátrafelé. A közhiedelemmel vagy az akciófilmekben látott megoldásokkal szemben az azonnali hátramenetbe kapcsolással van némi probléma. Ezzel a mozdulattal ugyanis nem a kívánt hatást érjük el, viszont az autó javítási költsége az egekbe is szökhet, mert a sebességváltóból kihulló fogaskerekek pótlása meglehetősen drága mulatság. Az előre mozgó jármű mozgási energiája először ugyanis ledarálja az ellentétes irányú mozgást lehetővé tevő fogaskerekek legtöbbjét a váltóban. Igaz, ezzel elég gyorsan elérjük, hogy az autónk megálljon, de megállás után már nem lesz olyan működőképes fogaskerekekünk, amellyel a hátramenetet el tudnánk kezdeni.

Rendszerünk **kimenőjelét** (ezután már akár vektoriálisan is) egy aktuális sebességértékben határozhatjuk meg. (v_{akt})



15. ábra Gépkocsink sebességének változtatása

Talán azt érezhetjük, hogy ebben a rendszerben nincsenek is zavarójelek, mert ha megnyomjuk a gázpedált, akkor a járművünk gyorsul, ha pedig a féket nyomjuk meg, akkor meg lassulni fog. Valószínűleg már nem lennénk előbbi állításunkban ennyire biztosak, ha egy Audiból átülnénk egy Trabantba. Zavarójelnek ez esetben nem az utastérben érezhető hangokra és szagokra gondolnánk, habár ez sem mellékes. Tegyük fel, hogy egy 80 km/h-s sebességgel haladó kocsit akarunk ezzel a két járművel megelőzni. Az Audi esetében a gázpedálra lépve szinte azonnal elérjük, hogy járművünk aktuális sebessége az eddigi 80 km/h-ról 100 km/h-ra növekedjen és az előzés csak egy másik pillanat műve lesz. Trabant esetén már nem ez a helyzet, mert az előző eredményt csak a 16. ábrán látható módon érhetjük el. Ez azzal magyarázható, hogy a Trabantnál a 80 km/h-s sebesség a jármű végsebességéhez közeli érték, 100 km/h-ra csak akkor tudjuk megnövelni a sebességét normál esetben, ha nem az egész család ül a kocsiban, de a gyerek iskolatáskáját biztos, hogy otthon kell hagyni. Azaz esetünkben zavarójelként értelmezhetjük a motor reakcióidejét és/vagy teljesítményét, amely gátol vagy segít minket a tervezett sebesség gyors elérésében.



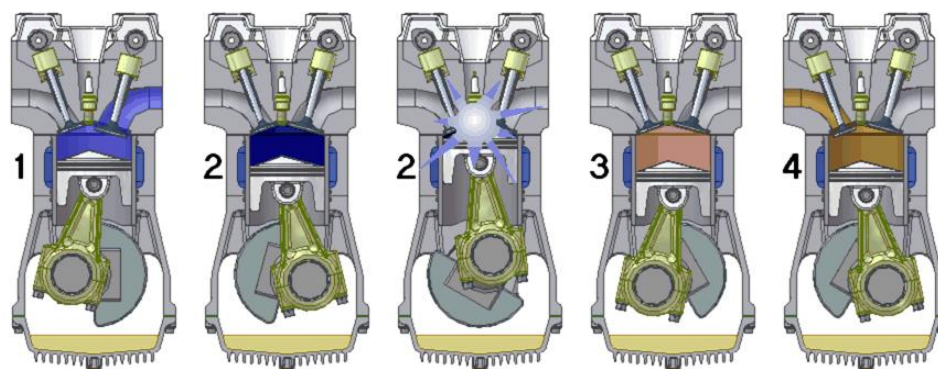
16. ábra A Trabant gyorsaságát, bizonyos sebesség felett, csak egy hosszú rúd és egy versenyautó együttes alkalmazásával lehet megnövelni

Ha egy változást véghez akarunk vinni, akkor ahhoz időre van szükségünk. Az előző példában láthattuk, hogy ez bizony erősen függ az autónk típusától. Azt is mondhatnánk, hogy egyszerre mindig csak egy kis lépéssel juthatunk közelebb a kívánt cél eléréséhez, de sohasem mondhatjuk azt, hogy ezek a változások azonnal megtörténnek. Lehet, hogy az emberi érzékszervek számára gyorsan történik egy-egy változás, de sohasem azonnal. Ez különösen akkor válik szembeütővé, ha hirtelen nagy sebességnövelésre akarjuk autónkat kényszeríteni. Ha hirtelen tövig nyomjuk a gázpedált, azt érezhetjük, hogy autónk nem reagál azonnal, hanem csak egy „rövid” idő elteltével veszi észre, hogy beletapostunk a gázpedálba.

Ezeket a folyamatokat kétféleképpen is modellezhetjük. Attól függően, hogy a magunk számára mit tartunk fontosnak, mondhatjuk azt, hogy a folyamatot apró változások sokaságával modellezzük, melyek eredményeképpen a teljes folyamat leírható (vagy lerajzolható). De tekinthetjük a folyamatot a következőképpen is. A folyamat elején, amíg a változások kicsik, vagy egyáltalán nem is történik semmi, addig nem veszünk figyelembe semmilyen változást. A változásokat csak onnan kezdjük el követni, amikortól az számunkra már egy olyan megfigyelhető tartományba ér, amit látunk vagy meglévő műszereinkkel mérni tudunk. Ezt a figyelmen kívül hagyott időt nevezzük holtidőnek, mert ez idő alatt légyeges reakciót nem várunk a rendszertől, bár tudjuk, hogy már elindítottunk egy új folyamatot.

A gázpedál lenyomása esetén minket többnyire csak az eredmény érdekel, tehát azt mondhatjuk, hogy a gázpedál lenyomása után egy szemhunyasnyival vagy mondjuk 1 másodpercen belül az autónk már elérte a kívánt sebességet, vagy legalábbis jelét adta annak, hogy gyorsulnia kell. Ezt az eredményt látnánk akkor, ha egy fényképezőgéppel 1-2 képet csinálhatnánk másodpercenként a folyamatról. Más lenne azonban a folyamat képe, ha 1000 képet csinálhatnánk másodpercenként a folyamatról. Ebben az esetben azt látnánk, hogy az első 10-100 képen semmi sem történik. Csak ha továbbnéznénk a folyamatot, akkor láthatnánk, hogy az autó sebessége valóban elkezd megváltozni. Hogyan történik mindez? Mit csinál a motorban az a kis plusz üzemanyag mennyiség, amit az eredetileg befecskendezett üzemanyag mellé – a gázpedál nagyobb mértékű lenyomása miatt – a motor égésterébe juttatunk? A 17. ábra azt mutatja be, hogy mi történik a motorban. Nem nehéz

elképzelni, hogy egy adott mennyiségű üzemanyag berobbanása, az egyébként könnyen mozgó dugattyút hátranyomja, mert a hirtelen nyomásnövekedés, a hengerfej felületére hatva, erőt fejt ki.



17. ábra A négyütemű motor működési fázisai

Ha több üzemanyagot fecskendezünk be, a robbanás nagyobb lesz, ami nagyobb erőt jelent a hengerfej felületén. Ha a hengerfej csak egy csőben lenne, akkor az láthatnánk, hogy a hengerfej kirepül ebből a csőből és valahol leesik a földre. Hogy hol esik le, az attól függ, hogy mekkora erő hatására repült ki a hengerfej a csőből. Ha az erő nagyobb, akkor messzebbre repülne. Most azonban nem tud elrepülni, mert a motor tengelye egy körkörös pályára kényszeríti. Előző elképzelésünk most úgy fog megváltozni, hogy azt a bizonyos körpályát nagyobb erő hatására gyorsabban fogja megtenni. Ez viszont azt jelenti, hogy a motor tengelye plusz üzemanyag befecskendezése mellett gyorsabban fog forogni. Használjuk fel (1) a fenti folyamat matematikai leírásához! Jelölje m [kg], azt az üzemanyag mennyiséget, V [m³] pedig ennek a térfogatát, amit pótlólagosan adunk az eredetileg befecskendezett üzemanyag mennyiséghez M [kg]. Tudjuk azt, hogy M üzemanyag mennyiség befecskendezése mellett az autónk $v_{\text{autó}}$ sebességgel haladt. (4)-ből (5)-t levezetve megkapjuk autónk új $v_{\text{autó_új}}$ sebességét, amely a t [s] idő alatt, az m [kg] pluszban befecskendezett üzemanyag mennyiség miatt megnövekedett fordulatszámból származtattunk le.

$$\frac{(M + m) - M}{t} = \frac{\rho \cdot V}{t} = k \cdot \omega_1 \quad \text{és} \quad v_{\text{autó_új}} = c \cdot r \cdot (\omega + \omega_1) \quad (5)$$

4. Intelligens rendszerek az autóban

Manapság több olyan rendszer építhető be az autóba, amely a vezetőt technikailag támogatja a vezetésben (szervokormány, ABS, parkolást segítő rendszer, stb.) és a vészhelyzetek megfelelő kezelését biztosítja. Az időjárási viszonyokat figyelő érzékelők (fényviszonyok, eső, nedvesség) által szolgáltatott információk segítik a vezetőt a döntéshozásban. A műholdas kommunikáció a tájékozódást és a navigációt (GPS) támogatja. A műszaki szempontok mellett a biztonság növelése, az utasok kényelmének növelése, az üzemanyag gazdaságosabb felhasználása, a környezetet szennyező gázok kibocsátásának csökkentése is fontos tényezők. A vezető állapotát figyelő rendszerek az autó pályán tartását, a balesetmentes vezetést segítik elő. A forgalmat figyelő és a többi vezetővel kommunikációt, és ezáltal kooperatív vezetést megvalósító rendszerek biztonságosabb közlekedést eredményezhetnek. Ezek az új, az autózást megkönnyítő rendszerek összetettebb érzékelőket és az autóba beépített számítástechnikát alkalmazzák.

A számítástechnika, gépi (mesterséges) intelligencia előretör az autó szerkezeti egységeiben és az autóvezetésben

2011 februárjában látott napvilágot az a hír, amiből megtudhattuk, hogy az IBM Watson nevű szuperszámítógépe győzött, a belé táplált mesterséges intelligencia révén két, nem akármilyen képességű hús-vér vetélytársa ellen az Egyesült Államok legnépszerűbb vetélkedőjében. Az egyszerre „legfeljebb” 2208 processzort használó számítógép fölénye a lexikális ismeretek terén egyértelműen kidomborodott, bár a szavak másodlagos jelentésével néha még nem tudott megbirkózni. Humora pedig a nullával volt egyenlő. A szakemberek ugyanakkor valódi áttörésnek tekintik a gép teljesítményét: képes megérteni az emberek beszélgetését, így a kérdésekre a legvalószínűbb válaszokat adja. Csodálatos teljesítményéhez pedig csak az elmúlt két évtized alatt felhalmozódott, a mesterséges intelligencia keretén belül elért tudományos eredményeket használja fel.

Német kutatók viszont egy olyan rendszeren dolgoznak, amelynek segítségével a vezetők minimális erőfeszítéssel vezérelhetik a gépkocsijukban található különböző elektronikai eszközöket. A megoldás lényege, hogy a sofőrök úgy vezérelhetik a különböző készülékeket (audió- és klímaberendezéseket, digitális autórádiót, elektromos ablakemelőt stb.), hogy a kezüket el sem kell venniük a kormányról, és hogy az esetek többségében a rendszerek irányítására a jobb mutatóujj megmozdítása is elegendő. A kamerákon alapuló rendszerekhez képest a Geremin nevű technológiának jóval kisebb számítási teljesítményre van szüksége és előnye, hogy akár nehéz körülmények (pl. változó látásviszonyok) is megbízhatóan működik. A működési elvet a szakemberek a tereminek nevű hangszertől lesték el. A geremint 1919-ben alkotta meg Lev Szergejevics Tyermen orosz fizikus és ez volt az első olyan hangszer, amit pusztán gesztusokkal lehetett megszólaltatni anélkül, hogy a zenész magát a hangszert megérintette volna. A Geremin technológiánál is az emberi ujj mozdulatai befolyásolják a váltakozó elektromos mezőket. A mező és a kéz közötti váltóhatást egyetlen antenna ismeri fel, az eszközt az autók műszerfalára erősítik. Az antenna jeleit egy számítógép olvassa el és egy algoritmus rendszerezi a jeleket a különböző gesztusokhoz. A rendszert hat önkéntes segítségével tesztelték. A kutatók mindegyik személyt arra kértek, hogy hajtson végre a mutatóujjaival tíz úgynevezett mikrogesztust, például írjon le egy kört a levegőben az ujjával, de eközben a kezei a volánon maradjanak. A teszt legjobb felismerési eredménye 86 százalék volt, míg a legrosszabb eredmény csupán 28 százalék. A viszonylagos pontatlanság oka, hogy a technológia jelenleg csak egyetlen antennát használ. A későbbi teszteket azonban már két antennával akarják elvégezni, ráadásul a gesztusvezérlést – akárcsak amerikai kollégáik – ötvöznék a beszédvezérléssel.

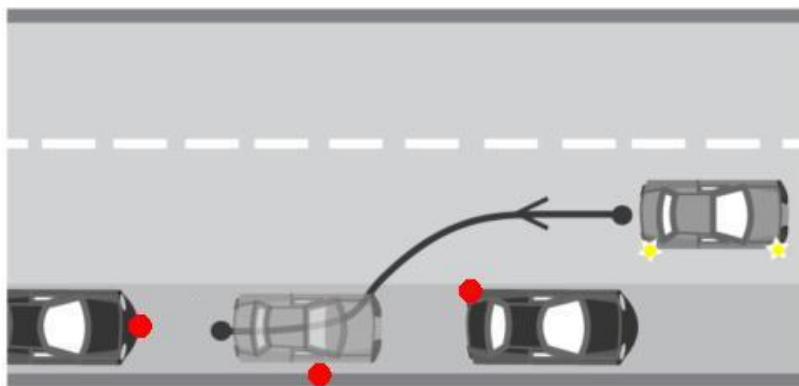
De mi is valójában a mesterséges intelligencia? Erre a kérdésre vélhetően a Wikipédia adja a legtömörebb definíciót: "Bár a mesterséges intelligencia a tudományos-fantasztikus irodalom terméke, jelenleg a számítógép-tudomány jelentős ágát képviseli, amely intelligens viselkedéssel, tanulással és a gépek adaptációjával foglalkozik. Így például szabályozással, tervezéssel és ütemezéssel, diagnosztikai és fogyasztói kérdésekre adott válaszadás képességével, kézírás-, beszéd- és arcfelismeréssel. Egy olyan tudományággá vált, amely a valós életbeli problémákra próbál válaszokat adni."

Az alábbiakban példaként a „gépi intelligencia”, a gépi felismerés, tanulás, kiértékelés, beavatkozás alkalmazására egy parkolást segítő rendszer működését tárgyaljuk.

Parkolást segítő rendszerek (A mesterséges intelligencia gyakorlati alkalmazása)

Mindenki hallott már azokról az autókról, amelyeket úgy hirdetnek, hogy emberi kéz segítsége nélkül is tud parkolni. Maga a parkolás folyamata egyszerűen megvalósítható, hiszen az autót hátramenetben, egy „S” pályán végigvezetve elérhetjük a kívánt eredményt, és máris két másik autó között találhatjuk a sajátunkat. De próbálták már? A 18. ábra szerint láthatóan nem mindegy, hogy az első autóhoz képest mikor kezdjük el az „S” kanyarunkat, mert különben elvihetjük az elől álló autó hátulját. Az sem mindegy, hogy meddig megyünk ezen a pályán, mert nekiütközhetünk a

járdaszegélynek. Ha az első két nehézségen már túlvagyunk, akkor a harmadik szakaszban, az „S” pálya végén már csak arra kell vigyáznunk, hogy neki ne menjünk a második autónak.



18. ábra A tolatóparkolás pályája és veszélyei

Ahhoz, hogy a fenti pályát automatikusan ki lehessen alakítani, kövessük végig a 20. ábra folyamatábráját. Egy parkolást segítő rendszer lelke az a szabályozó, amely vezérli és ellenőrzi járművünk kormány szerkezetét, miközben méri autónk valóságos parkoló pálya adatait, ezeket összehasonlítja az eltervezett pálya adataival, és szükség esetén korrigál. Maga az eljárás egyszerűnek hangzik, kivitelezése mégis nagyon bonyolult.

Célkitűzések és korlátok a parkoláskor

Az irányítási (szabályozási) folyamat:

Képfelismerő rendszer felhasználásával az autó parkolási manővereit automatikusan elvégző mesterséges intelligencia használata.

Korlátok:

- a parkolás műveletét tolatás közben végzi el
- emberi beavatkozásra a folyamatnak azonnal le kell állnia

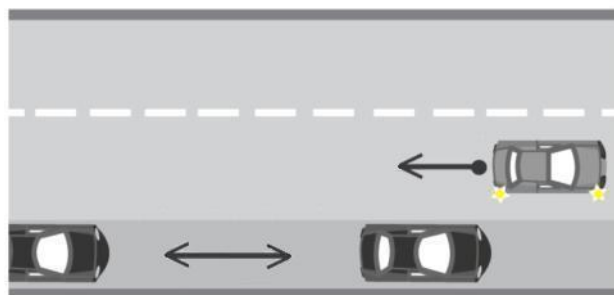
Cél: Egy parkolási manőver automatikus végrehajtása személyi és tárgyi károkozás nélkül.

Elemezzük kissé részletesebben a szabályozási folyamatot.

Mit kell tudnia egy jó parkolást segítő rendszernek? Figyeljünk jól a pontos elnevezésre. A név nem arról árulkodik, hogy rendszerünk minden esetben gond nélkül beparkolja autónkat, hanem ha minden jól megy, akkor sikeresen be tudja fejezni az elkezdett parkolást. Milyen zavaró körülmények léphetnek fel a parkolás során?

Azonosítás

A parkolást segítő rendszernek fel kell ismernie azt a szabad területet, ahová autónkat biztonságosan be tudja parkolni. Vagyis a 19. ábrán látható területet kell megtalálnia. Gondoljuk csak el, hogy ez milyen gondot okoz egy videokamerás rendszernek. Először fel kell ismernie két járművet, majd meg kell határoznia a két jármű közötti távolságot. Azt persze fel kell tételeznünk, hogy saját adatait mindenképpen ismeri.



19. ábra A megfelelő parkolóhely felfedezése

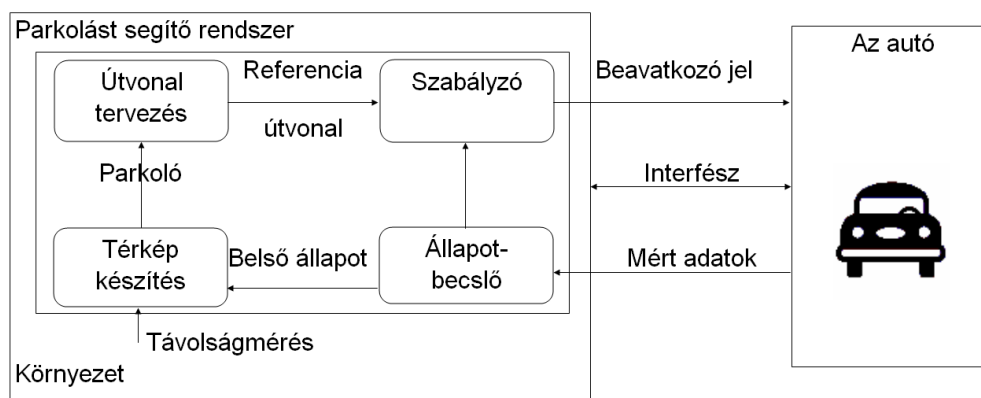
Magát a folyamatot úgy tudjuk elképzelni, hogy egy adott pályaszakasz mentén mozgó jármű rendszámátblákat keres. Egy rendszámátbla általában jól meghatározható pozícióban helyezkedik el a térben, a pásztázó járműtől 1,5-2,5 méter távolságban 0,5–1 méter magasságban. Modellünk kedvéért most még felejtkezzünk meg arról, hogy külföldi rendszámok is vannak.

Tervezés

Ha megtaláltuk a számunkra megfelelő területet, és ellenőriztük, hogy a területen nincs semmilyen, a parkolást gátló tereptárgy (pl. egy kihelyezett parkolni tilos tábla), megkezdhetjük a parkolópálya tervezését. A folyamat végén, ahogyan azt a 18. ábra is mutatja egy referencia pályát kapunk eredményül. Ez lesz az az útvonal, ahol autónk középpontjának, vagy valamely más kitüntetett pontjának végig kell haladnia.

A tervezéshez azonban adatokra van szükségünk, amelyek az autónk saját paraméterei (hossz, szélesség, tengelytávolság, tengelyszélesség, kerékmagasság, ...) mellett tartalmazzák rendszerünk állapotváltozóit, valamint bemeneteit.

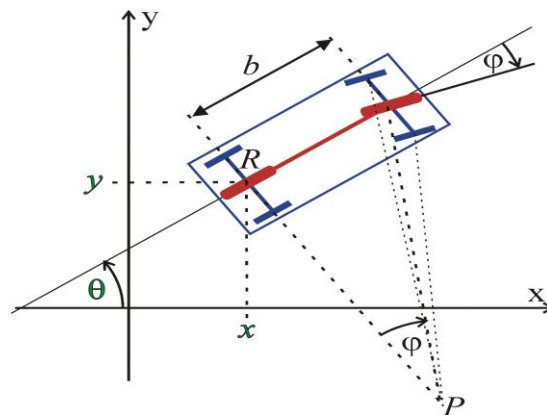
A teljes folyamat blokkvázlatát a 20. ábra mutatja. Ezek közül a pályatervezés és a pályakövetés folyamatait és szabályozását emeltük ki.



20. ábra A rendszer blokkvázlata

Állapotváltozók

Gépjárművek pozíciószabályozása esetén a legtöbb esetben egyszerű állapotváltozókat használunk. Egy általunk megadott referencia koordináta-rendszerhez képest megadjuk az autó egy kiválasztott pontjának koordinátáit, valamint az autó orientációját, ahogy az a 21. ábrán is látható.



21. ábra Rendszerünk állapotváltozóinak és bemeneteinek értelmezése

Mindemellett szükségünk van a rendszer bemenőjeleire is. Két bemenőjellel tudjuk meghatározni az autó következő időpontbeli pozícióját, ha ismerjük az aktuális orientációhoz képesti elfordulás szögét, valamint az autó pillanatnyi sebességét.

Állapotváltozó

Az autó R pontjának pozíciója: x, y

Az autó orientációja referencia koordináta-rendszerünkhöz képest: θ

Bemenet

Az autó pillanatnyi elfordulása az orientációjához képest: ϕ

Az autó pillanatnyi sebessége: v

Állapotegyenleteink a következőképpen írhatók fel :

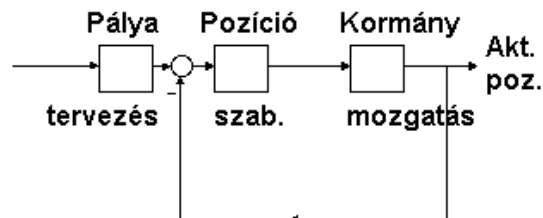
$$\dot{x} = v \cdot \cos \theta$$

$$\dot{y} = v \cdot \sin \theta$$

$$\dot{\theta} = \frac{v}{b} \cdot \tan \phi$$

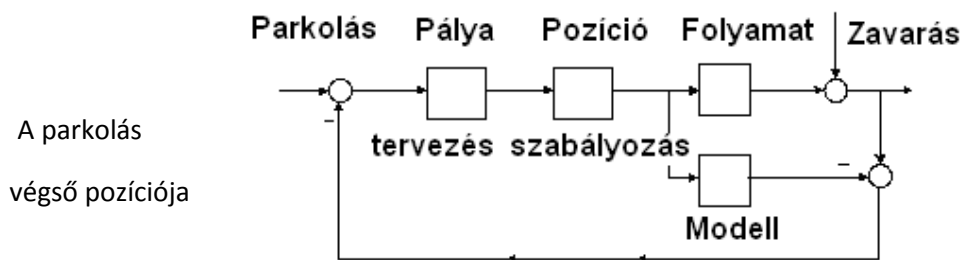
Rendszerünk állapotegyenletei és bemenő jelei megvannak. A következő lépés a kimenet meghatározása. A kimenetet ebben az esetben egy kicsit bonyolult meghatározni, mert ellentétben az eddig ismertetett rendszerekkel, a kimenet egyelőre még nem áll a rendelkezésünkre.

A feladat első része ugyanis a kimenet, azaz az autó parkolási pályájának elméleti megtervezése. Csak ha már megterveztük az autó parkolási pályáját, akkor mondhatjuk meg, hogy mi lesz a rendszerünk kimenete: pontosan végig kell vezetni a járművet ezen az elméleti pályán. Előző feladatainkban a kimenet mindig egy már létező új állapotba állította a rendszerünket. Most rendszerünk a 22. ábrán található új taggal bővül - először meg kell tervezni a pályát!



22. ábra A parkolási folyamat egyszerűsített blokkvázlata

Az előző fejezetekben láthattuk, hogy ugyanazt a feladatot többféleképpen is megfogalmazhatjuk. Ezt szemlélteti a 23. ábra. A 22. és a 23. ábra közötti különbség abban rejlik, hogy míg a 22. ábra egy soros folyamatot mutat be, ahol a tervezést követi a pozíciószabályozás, addig a 23. ábra azt mutatja be, hogy a teljes pályatervezésnek nem kell megelőznie a tervezést. Elegendő annak a végső pozícióját meghatározni, vagy egy elnagyolt tervezési folyamatát megtervezni, és a folyamat szabályozása közben módosítjuk terveinket a pontos cél elérésének érdekében. Ebben sokat tud segíteni a folyamat mellé megalkotott modell.



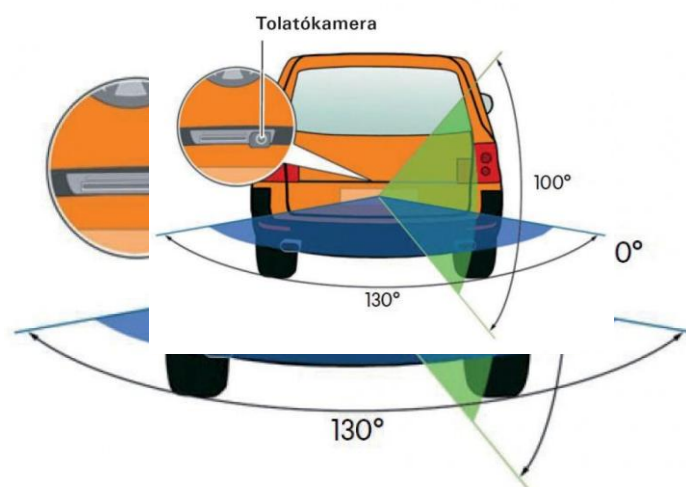
23. ábra Modellszintű szabályozás

Szintén újdonság az előzőekhez képest, hogy nem egy adott kimeneti érték elérése a szabályozás célja, hanem véges időn keresztül, minden egyes elért pozíció után újabb és újabb kimeneti értékek lépnek az előzőek helyébe.

A 23. ábrán látható rendszer nagyszerűsége abban rejlik, hogy a folyamatunk szabályozását, a valódi folyamatba való beavatkozás nélkül is kipróbálhatjuk. Vegyük észre, hogy itt két egymástól független szabályozás történik, mely során mind a valós, mind a modell folyamatot tudjuk szabályozni. Mivel előzetes ismereteink vannak a folyamatról, azaz magáról a parkolásról, így ennek alapján ki tudunk alakítani egy modellt. A modellek finomításának sorozatával lehetőségünk van a pontosítására. Amennyiben hibahatáron belüli modellt tudunk készíteni az eredeti folyamatról, akkor a 23. ábra jobb oldalán található különbségképző jelei kioltják egymást, vagyis a modellünk kimenete pontosan ugyanazt a kimenetet szolgáltatja, mint az igazi folyamat kimenete. Tehát ha modellünk – az aktuális paraméterek (sebesség, távolság, orientáció, ...) mellett - hiba nélkül el tudta végezni a parkolást, akkor erre már a valódi rendszerünk is képes lesz.

Folyamatkövetés

Gondolatban kövessük végig a 23. ábrán található rendszer működését. Már nagyon fáradtak vagyunk, amikor végső elkeseredésünkben úgy döntünk, hogy megállunk egy kávéra. Zavaró tényezőként fogható fel az a rengeteg jármű, ami a kávézó előtt parkol, de a koffein agyunkban elképzelt hatása arra sarkall minket, hogy gyorsan keressünk az út mentén egy parkolóhelyet. Ha már ezt a feladatot is az autókra tudjuk bízni, akkor csak nyomjuk meg a parkolás gombot. Autónk végigsuhanván a már parkoló autók mentén próbál keresni egy akkora lyukat a parkoló járművek között, amekkorára a 19. ábra szerint az autónknak szüksége van. A régebbi típusú parkolást segítő rendszereknél ezt a szabad területet még a vezetőnek kellett megkeresnie. Az ennél is régebbiekénél, az összes többi ábrát is az emberi szem, kéz és láb helyettesítette. A 24. ábra azt mutatja be, hogy ma ezt a problémát az autó elején és hátulján elhelyezett kamerák segítségével oldhatjuk meg. Ezek a kamerák nem csak a parkolóhelyek megtalálásában segítenek, hanem pl. kézi parkolás esetén láthatóvá teszik az autó eleje vagy háta mögött található, nehezen belátható területeket is.



24. ábra A tolatókamerák elhelyezkedése és látószögük

No de, ha megvan a megfelelő szabad terület, akkor jöhet a tervezés. Kocsink megtervezi a parkolás folyamatát. Ha először próbáljuk ki autónk parkolás segítő rendszerét, akkor reménykedjünk, hogy a rendszer tervezői nem felejtették el figyelembe venni járművünk méreteit sem. A második próbálkozás során erről már lesz tapasztalatunk. Kávénk árát ugyanis jelentősen megnövelheti, ha még a 25. ábrán látható két autó javítási költségét is nekünk kell állni.



25. ábra Tipikusan rossznak mondható tervezési folyamat eredménye

Mi lesz a tervezés kimenete? Egy pályaszakasz, amit pl. a 19. ábrán láthatunk. Ha megterveztük autónk parkolási mozgáspályáját, azzal egyidőben egy modellt is létrehoztunk, hogy adott (meglehetősen kis) sebesség mellett az egyes pillanatokban autónknak a pálya melyik pontján kell tartózkodnia. Persze ezek a rendszerek úgy vannak tervezve, hogy ha hozzányúlunk a kormányhoz, akkor a rendszer azonnal visszaadja az irányítást a vezetőnek, ami bizonyos veszélyhelyzetek esetén meglehetősen fontos körülmény.

Amint elkezdjük a parkolás folyamatát, az első elérendő pozíció jelenik meg rendszerünk memóriájában elérendő feladatként. A pozíció eléréséhez a kormányművet és a motor teljesítményét kell szabályozni, azaz a megfelelő értékre állítani. Ezt a feladatot most már hagyjuk a rendszerre. Vegyük észre, hogyha a parkolási pályát a mechanikai mozgások (kormánymű és motorteljesítmény változtatások) időállandóihoz igazítjuk, azaz van időnk elforgatni a kormánykereket és van időnk gázt adni, vagy fékezni, akkor két egymást követő pályapont között el tudjuk mozdítani az autónkat. Ha bármely két egymást követő pályapont között meg tudjuk ezt tenni, akkor a folyamat végén beparkolunk a kiválasztott parkolóhelyre.

Erre mondják azt, hogy az elmélet az szép dolog. A valóságban más a helyzet. Mindig van egy kósz gyalogos, egy az utcán hagyott tárgy (lásd 26. ábra), aki vagy ami beleront a mi szép elméletünkbe.



26. ábra A tolatókamerák a nehezen látható akadályok felderítésében is segítenek

Mi történjen, ha eltérés van a modellünk és a mért pozíció adatok között? A 27. ábra erre is választ ad. Két pont között addig kell helyzetünket változtatni, amíg a modell és a valós folyamat kimenőjele meg nem egyezik. Könnyen rájöhethetünk, hogy ez a megoldás jelentős kockázatot tartalmaz. Ha az egyik pontból folytonos mozgással nem tudunk eljutni a másik pontba, mert például túl nagy az eltérés a tervezett és a tényleges pozíció között, akkor, ha ragaszkodunk az eredeti tervünkhöz, előre-hátra kellene mozgatni járművünket. Ilyenkor két megoldás jöhet szóba: vagy új útvonalat tervezünk, vagy figyelmen kívül hagyunk néhány elérendő pozíciót és megkeressük azt a pozíciót, amit még el tudunk érni.

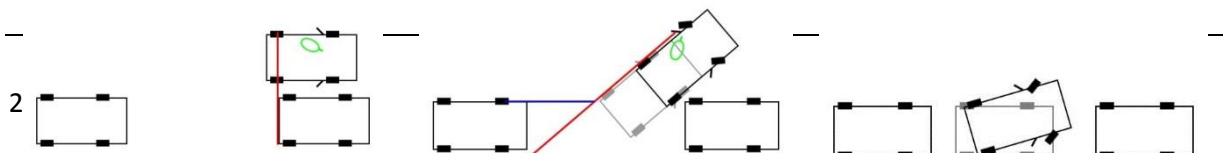
Mit kell tudnia egy fedélzeti komputernek ahhoz, hogy ezt a folyamatot el tudja végezni? Ha újra végiggondoljuk a parkolás folyamatát, akkor találunk néhány sarokpontot a folyamatban.

Először meg kell találni a megfelelő méretű parkolóhelyet. Majd fel kell venni a folyamat végrehajtásához szükséges kezdőpozíciót. Ezt a kormánymű és a sebesség összehangolt munkája fogja követni. A folyamat végén vissza kell adni az autó vezérlését a vezetőnek. A manőverek fázisait egy-egy jellegzetes útszakaszra bontva a 27. ábra három pozícióján kell az autónknak végighaladni.

A - kezdeti pozíció

B - ferde

C - pontosítás



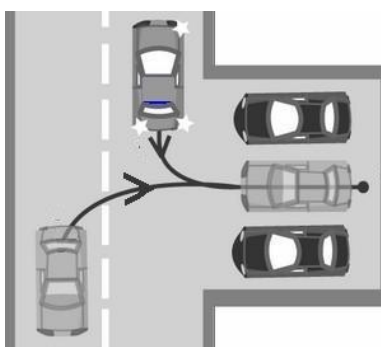
27. ábra A parkolási folyamat jellemző fázisai

Az első feladat végrehajtásához kamerákra van szükség. A kamerák képeit értelmezni kell tudni. Az emberi szem a 28. ábráról pillanatok alatt el tudja dönteni, hogy a terület parkolásra alkalmas.



28. ábra A parkolásra alkalmas terület keresése

Rendszerünk ugyanezt a feladatot a felszíni pontok magasságának mérésével térképezheti fel. A fényképen látható markerek a parkoláshoz szükséges, biztonságos méretű terület méretét mutatják. A parkolóhely felkutatása után a manőver kezdő pozícióját kell felvennünk. Ez a 29. ábrán látható két kezdőpozíciót jelenti, míg a ponttal jelzett pozíció a folyamat végállomását mutatja.



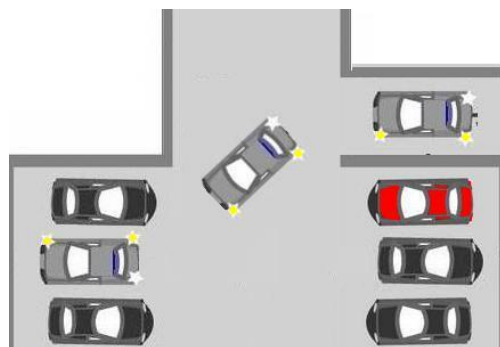
29. ábra A parkolás kezdő- és végpozíciói

A fedélzeti komputer feladata a parkolóhely megtalálásával nem ér véget, sőt ekkor kezdődik a folyamat nehezebb része. A parkolóhely megtalálásához szükséges idő nincs limitálva, de a parkolás folyamatában, a sebesség és a kormánymozdulatok együttes játéka során - a balesetek és rongálások elkerülése végett - reakcióidőnk jelentősen limitált. A számítógépre nézve ez azt jelenti, hogy kamerák képeiből alkotott információkat reakcióidőn belül tudja végrehajtani. Ez azonnali – valós idejű, azaz real-time – beavatkozást, reagálást igényel. Normál kamera esetében, amely 20-25 felvételt tud készíteni környezetéről, ez 4 századmásodperces reakcióidőt jelent. Természetesen megnövelhetjük ezt az időt úgy, hogy csak minden második vagy harmadik képet vizsgálunk meg, de ne felejtszünk meg arról, hogy egy 10 km/h-s sebességgel haladó jármű 0.04 s alatt 11 cm utat tesz meg. A 28. ábrán látható szűk parkolóhelyre történő beállítás közben, egy rossz manőver során, 20-30 cm már végzetes lehet.

Hogy fogalmunk legyen a feladatokról, nézzük meg miből áll egy kép kiértékelése! A kép kiértékelése történhet önmagához, és egy másik képhez képest is. Míg a parkolóhely keresés inkább az előzőhöz, a parkolási folyamat inkább a másodikhoz kapcsolódik. Ha az első képünk már elkészült, akkor meg

kell várni a következő kép elkészültét. A kamerában elkészült képet el kell juttatni a számítógép memóriájába, hogy azokat össze lehessen hasonlítani. Egy normál méretűnek mondható 1280x960 képkockát ún. pixel tartalmazó színes kép 1280x960x3 byte, azaz 3.6 MB adatterületet foglal le. Ha azt szeretnénk, hogy a kamerától a számítógép memóriájáig az adatok a reakció időn belül eljussanak, akkor ahhoz $1280 \times 960 \times 3 \times 8 / 0.04 = 737,28$ Mbit/sec sebességű hálózatra lenne szükségünk. A ma használatos 100 Mbit/sec-os hálózatokat figyelembe véve, ez túlságosan gyors adatátvitelt jelent, ezért az adatokat tömörítve szokták továbbítani. A kép tömörítése majd kicsomagolása azonban mind az adó, mind a vevő oldalán értékes ezredmásodperceket jelent. Ezek után a képeket pixelről pixelre össze kell hasonlítani, és meg kell határozni az eltéréseket. Ezt a feladatot már a kicsomagolt, eredeti nagyságú képekkel kell elvégezni, ami több millió pixel összehasonlítását jelenti. Az eltérések adják meg a pozícióváltozások alapértékeit, amelyekből meghatározható a tényleges elmozdulás. Maga az összehasonlítás művelete, a mai több GHz-es processzorok alkalmazása mellett már nem megoldhatatlan feladat. Az eredményül kapott frissített pozíció alapján, ami többnyire két számot: egy x és egy y koordinátát jelent, gyorsan meghatározható az elvégzendő feladat. Sajnos a kormány megmozdítása, vagy a sebesség megváltoztatása a képfeldolgozásnál is lassabban vihető végbe, ezért jelentős biztonsági tartalékokkal kell a számításokat elvégezni.

Valódi megoldások Ha sikerült beállni a parkolóba, akár kézi, akár gépi erővel, nézzük meg, hogyan csinálják ezt a profik. A mellékelt videó felvételen (www.FordFocus.avi) és a 30. ábrán egy, a 29. ábrán bemutatott parkoláshoz hasonló helyzetből történő kiállás folyamatát követhetjük végig.



30. ábra Kiállás egy parkolóból

A videón azt láthatjuk, hogy az autó kormányművét a parkolást segítő rendszer irányítja, emberi beavatkozás nélkül. Az egyenes kiállásnál tapasztalható kormánymozdulatokat az magyarázza, hogy a parkolóhelyről kiálló autónk a kiállás során egy piros autót, mint akadályt kikerül. A példa jól illusztrálja a kamerák aktív, real-time működését, hiszen autónk kiállás közben végig ugyanazzal a sebességgel haladt, nem kellett leállnia a piros autó miatt, hogy újabb pályát alakítson ki a kiállás műveletének végrehajtására.

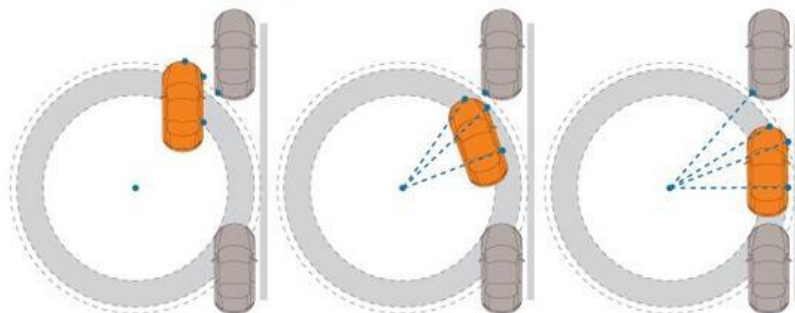
Optimális megoldások

A szabályozástechnikusok szeretik, ha rendszerük valamilyen szempont alapján optimálisnak tekinthető. Milyen szempontok jöhetnek számításba?

- a legrövidebb idő alatt,
- a legrövidebb úton,
- a legkevesebb energia felhasználásával és
- a legegyszerűbb kormánymozdulatokkal kívánhatjuk elvégezni a parkolást.

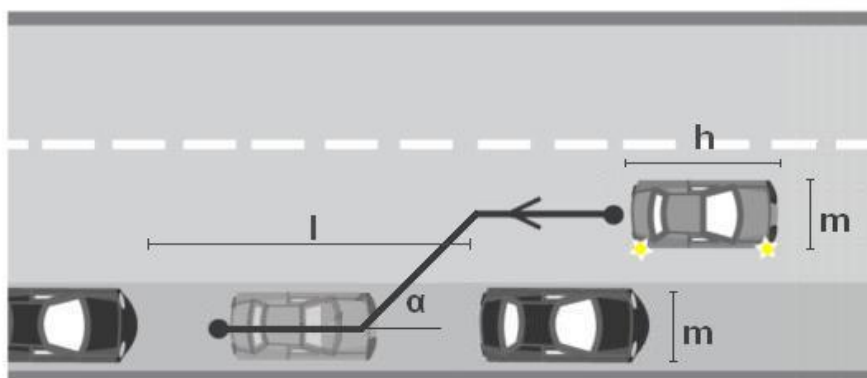
Válasszunk ki a fentiek közül egyet. Legyen például a legrövidebb út. Tudjuk, hogy síkfelületen, két pont között a legrövidebb út az egyenes. Sajnos azonban nem vihetjük a legrövidebb egyenes

mentén az autót a kezdőpontból a végpontba, mert autónk nem pontszerű, hanem kiterjedt test. Egyrészt, ha nem így gondolkodnánk, akkor minden egyes parkolás költségének magában kellene foglalnia az elől álló autó javítási költségeit is, mert abba szinte biztosan beleütköznénk a manőver alatt. Másrészt gondoljuk el, hogy ebben az esetben a két egymás mellett, párhuzamosan álló autó közül az egyiket valamilyen ferdeszögben kell mozgatni. Sajnos azonban autóink ma még ferdén nem tudnak mozogni. Ez azt jelenti, hogy autónknak két közel egyenes szakasz megtétele közben, ahogy azt a 31. ábra is mutatja, egy (kör)ív mentén kell haladnia.



31. ábra Parkolás optimalizálása kiterjedt test esetén

A 31. ábrán megadott útra nagyon egyszerű közelítéseket alkalmazva a legrövidebb út a 32. ábrán bemutatott 3 egyenesből állítható össze.



32. ábra Parkolási paraméterek

Ha feltételezzük, hogy a parkoló járművek közel egyforma szélességűek, akkor a parkolást úgy kell kivitelezni, hogy amikor az autónk forgáspontja, a beállítás végső pozíciója előtt, eléri az $m/2$ magasságot, akkor még legalább h egységre legyen a baloldali autótól és $m/2$ egységre a jobboldali autótól. Ebből az egyszerű közelítésből az következik, hogy a ferde szakaszra nézve: $\sin \alpha = m/2/h$, valamint $l \geq h + m \cdot \cotg \alpha$. Míg a legrövidebb út a $h + m/\sin \alpha = h + m/(m/2/h) = 3h$ alakban számítható.