

# Menetadatok GPS alapú felmérése busz menetciklusának elkészítése céljából

## GPS-based survey of driving data to prepare a bus driving cycle

VÁMOSI Attila<sup>1</sup>, Dr. CZÉGÉ Levente<sup>2</sup>, Dr. KOCSIS Imre<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Műszaki Alaptárgyi Tanszék, 4028 Debrecen, Ótemető utca 2-4.

<sup>2</sup> Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Gépészmérnöki Tanszék, 4028 Debrecen, Ótemető utca 2-4.

[vamosi.attila@eng.unideb.hu](mailto:vamosi.attila@eng.unideb.hu), [czege.levente@eng.unideb.hu](mailto:czege.levente@eng.unideb.hu), [kocsisi@eng.unideb.hu](mailto:kocsisi@eng.unideb.hu)

### Abstract

*In this paper we examine the possibilities of collecting driving data characteristic of a designated bus service in Debrecen. Based on the collected driving data driving cycles were created which faithfully describe the movement of the vehicle in traffic. This driving cycle can serve as an input for the dynamic simulation of the vehicle. The driving cycle describes the vehicle speed as a function of time and can typically be generated using statistical procedures using actual driving data collected over a long period of time. Thus, during data collection, speed-time or position-time data describing the movement of the bus must be recorded at a frequency of 1 second. In this paper we present the method of data collection, the properties of the collected data and a variant of the representative driving cycle developed on the basis of the data.*

**Keywords:** driving cycle, chase method, K-means clustering, microtrip

### Kivonat

*Ebben a dolgozatban a debreceni tömegközlekedés egy kijelölt buszjáratára jellemző menetadatok összegyűjtésének lehetőségeit vizsgáljuk. A menetadatok alapján a későbbiekben menetciklusokat kívánunk létrehozni, amelyek hűen leírják a jármű forgalomban történő mozgását, és így bemenetként szolgálhatnak a jármű dinamikai szimulációjához. A menetciklus az idő függvényében írja le a jármű sebességét, és jellemzően hosszú távon gyűjtött valós menetadatok alapján statisztikai eljárások alkalmazásával állíthatjuk elő. Az adatgyűjtés során tehát a busz mozgását leíró sebesség-idő, vagy pozíció-idő adatokat kell 1 másodperces frekvenciával felvenni. A dolgozatban bemutatjuk az adatgyűjtés módszerét, a gyűjtött adatokat, valamint az adatok alapján generált reprezentatív menetciklus egy változatát.*

**Kulcsszavak:** menetciklus, Chase módszer, K-közép klaszterezés, mikrotrip

## 1. BEVEZETÉS

A szakirodalomban számos különböző eljárás található a menetciklusok létrehozására. Ezek az eljárások megegyeznek abban, hogy mindegyik valós menetadatok alapján készül különféle statisztikai eljárások felhasználásával. A valós menetadatok mennyisége, minősége és a mintavétel sűrűsége kritikus szerepet játszik abban, hogy a menetciklus milyen pontosan írja le a jármű valóságos igénybevételét, hiszen végeredményben ennek az adathalmaznak egyes töredékeiből kívánjuk összeállítani azt a jelentősen rövidebb adatsort, amely a tulajdonképpeni menetciklus.

## 2. MENETADATOK GYŰJTÉSE

A menetciklusok készítését tárgyaló szakirodalomban főleg egy-egy földrajzi területre, vagy nagyobb városra jellemző speciális menetciklusokkal lehet találkozni. A valós menetadatok gyűjtésének gyakori módszere az ún. „chase-car” módszer, amelynek során az adatgyűjtő jármű egy adott távolságból követi a kijelölt céljárműveket, és a közlekedés során azok viselkedését próbálja utánozni (sebesség, gyorsulás, megállások, stb.). E módszer előnye, hogy a sofőr viselkedését nem befolyásolhatja a megfigyelés ténye. Az [1] irodalom részletesen bemutatja a Sydney menetciklusának elkészítéséhez szükséges adatgyűjtés módszerét.

Az érzékelőkkel ellátott követő jármű a véletlenszerűen kiválasztott céljármű közlekedését hivatott minél pontosabban lekövetni. Annak ellenőrzése érdekében, hogy a véletlenszerűen kiválasztott céljármű kellő pontossággal reprezentálja az adott forgalmat, rögzítésre került a céljármű által megelőzött és a céljárművet megelőző egyéb járművek száma. A véletlenszerűség fenntartása érdekében, a céljármű „ elvesztésekor ” a követő jármű sofőrje minden esetben a legközelebb lévő jármű követésére állt át. A követő járművet egy optikai fordulatszámérővel ellátott kerékpár-kerékekkel szerelték fel. A [2] cikk szintén a követő módszerrel vette fel az adatokat. A Mexico City-re jellemző menetciklus elkészítéséhez 108 utat (1044 km), mintegy 60 órai közlekedést elemzett. Az [3] cikk szerzői a „chase-car” módszert egy Los Angeles-re (és körzetére) jellemző menetciklus elkészítéséhez szükséges adatok gyűjtésére alkalmazták. A [6] irodalom Edinburgh menetciklusának ugyanilyen módszerrel történő elkészítését tárgyalja. A [4] cikkben egy kínai település menetadatainak gyűjtéséhez a követő járművet egy másodpercenkénti adatgyűjtésre alkalmas mikrohullámú sebességszenzorral szerelték fel, valamint a mért adatok ellenőrzésére a mozgás GPS adatait is gyűjtötték. A [5] szakcikkben a készítő kizárólag GPS adatokra alapozták a menetciklus készítését.

A chase-car módszernek két változatát használják az irodalmakban. A General Motors (GM) által kifejlesztett módszerben egy speciális eszközökkel (általában lézeres sebességmérővel) felszerelt jármű halad a forgalomban és méri az előtte haladó jármű sebességét. Ennek a módszernek az előnye, hogy a mérés független a követő jármű vezetőjének vezetési stílusától, és nem kell tartani a távolságot a céljármű és a követő jármű között. A műszer méri a jármű sebességét, és a két mérés között eltelt idő alatt a sebességváltozásból a gyorsulásértékek kiszámíthatók. Hátránya, hogy a műszer drága, és nagyobb követési távolságok esetén emelkedők tetején, illetve kis sugarú ívekben elveszítheti a céljárművet, vagy egy harmadik jármű kerülhet a két jármű közé, emiatt adatvesztés történhet vagy téves mérési eredményeket rögzíthetünk

A másik módszert az Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynöksége (U.S.EPA) fejlesztette ki. Ebben a megoldásban a követő jármű saját mozgási paramétereit (sebességét, gyorsulását) méri oly módon, hogy a járművezető megpróbálja minél pontosabban tartani a távolságot a céljármű és a követő jármű között. Ez a módszer lényegesen olcsóbban kivitelezhető, az eszköz lehet akár egy GPS jel vételére alkalmas mobileszköz vagy a jármű CAN buszához kapcsolódó adatolvasó szoftver is. Hátránya viszont, hogy nagymértékben függ a követő jármű vezetőjének vezetési tapasztalatától és attól, hogy mennyire pontosan tud reagálni a céljármű mozgásának változására (gyorsulás, hirtelen fékezés, stb.)

### 3. ADATGYŰJTÉS CHASE-MÓDSZERREL

A dolgozat tárgyát képező menetciklus a debreceni tömegközlekedés egy kijelölt buszjáratára vonatkozik. A kérdéses járművek egy valós idejű GPS járműkövető rendszerhez csatlakoznak. A mért adatok mobileszközökkel kerülnek továbbításra. Az adatforgalom csökkentése érdekében az adatok 1-2 percenként frissülnek a rendszerben és az adatvételezés gyakorisága 10-50 másodperces időköz is lehet. Ez a pontosság elegendő az üzemeltetőnek ahhoz, hogy később a járművek közlekedésével kapcsolatos utaspanaszok (például, hogy a busz túl sokat késett, vagy nem állt meg egy megállóban, stb.) kivizsgálásához felhasználják. Ez a pontosság viszont nem elegendő a menetciklus elkészítéséhez. A rendszert külső szolgáltató kezeli, annak átállítása sűrűbb mintavételezésre körülményes és az adatforgalom rendkívül nagy megemelését eredményezné. Újabb eszköz elhelyezése a járművön pedig a járművezető vezetési stílusát befolyásolná, ha tudja, hogy figyelik, máshogy vezet. A chase-car módszer használatával a buszokon semmilyen változtatást nem kellett eszközölni és a járművezetők nem tudtak róla, hogy egy másik jármű milyen célból követi a buszt.

### 4. A MENETCIKLUS KÉSZÍTÉSE

A felvett adatokból a menetciklust microtrip módszerrel készítettük el. Az adathalmazt saját készítésű szoftver segítségével microtrip-ekre bontottuk. A microtrip egy rövid útszakasz, mely egy elindulástól egy újabb elindulásig tart, tehát egy microtrip tartalmaz egy mozgó (gyorsuló, haladó, lassuló) szakaszt és egy álló (nulla sebességű) szakaszt. Az így kapott több ezer microtripet először osztályozni kell, az azonos tulajdonságokkal rendelkező microtripeket azonos osztályba kell sorolni. Annak meghatározása, hogy az adathalmazban lévő microtripek hány osztályba klaszterbe sorolandók statisztikai módszerekkel lehet meghatározni. Három módszert használtunk és az osztályok klaszterek száma az lett, melyre a módszerből ketten is „szavaztak”. A három módszer és eredményeik az 1. táblázatban láthatók. Mivel két módszer is a 3 klasztert javasolta, ezért az osztályozást a 3 klaszterrel végeztük el.

1.táblázat Adatok osztályozásának módszerei

Módszer:	Klaszterek száma:
Elbow method	3
Silhouette method	3
Gap statistics	2

Az osztályozáshoz a K-közép klaszterezési módszert (K-means clustering) használtuk. A módszer egy iterációs eljárás, melynek lényege, hogy véletlenszerűen választunk 3 középpontot, majd minden adatpontot (esetünkben ezek a microtripek) a hozzá legközelebb lévő középponthez rendelünk. Így alakítjuk ki a kiinduló klasztereket. Mindegyik klaszter középpontját a hozzárendelt pontok alapján újraszámoljuk. Az új középpontok alapján az adatpontokat újra a hozzájuk legközelebb eső közepekhez rendeljük, lesznek olyan pontok, melyek átkerülnek egy másik klaszterbe. Az újraszámolást és a hozzárendelés lépéseit addig folytatjuk, amíg már egy pont sem vált klasztert. Az így kialakult klasztereket tekintjük az osztályozás eredményeként.

Az osztályokat jellemzik a középpontjaik tulajdonságai. Azok a menetciklusok kerültek az 1-es osztályba, melyek átlagsebessége 50,64 km/h körüli és az állásidő hossza a microtrip teljes hosszához viszonyítva mindössze 3,5 % körüli érték. A 2-es osztálynál ezek az értékek 33,62 km/h és 30,33 %, míg a 3-as osztálynál 25,69 km/h és 7,5 %.

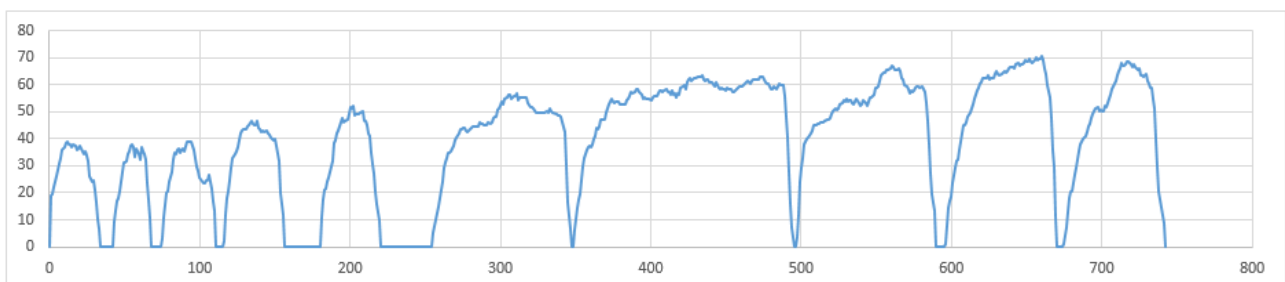
A menetciklus elkészítéséhez a microtripekből olyan arányban kell felhasználnunk a különböző klaszterekben lévő microtripekből, mint amilyen arányban azok a teljes mintában jelen vannak. A microtripek eloszlása az egyes klaszterekben a 2. táblázat szerint alakult.

2.táblázat A microtripek eloszlása

Klaszter	Arány
1	50,00 %
2	18,75 %
3	31,25 %

A microtripek kiválasztására is több módszer létezik. Használhatók csak a klaszterközepontok, az azokhoz legközelebb eső microtripek vagy véletlenszerűen is választhatunk microtripeket az egyes klaszterekből. Egy korábbi cikkünkben mindhárom módszerrel készítettünk menetciklusokat és a három módszer közül az bizonyult a legjobbnak, annak a tulajdonságai közelítették meg legjobban a teljes minta tulajdonságait, amelynél a középponthez legközelebb lévő microtripekből választottunk.

A microtripek darabszámára lényegében nincs meghatározás, csupán az aránya adott. Viszont azonos arányban különböző darabszámú microtripek felhasználásával több menetciklus is készíthető, de minél több microtripet használunk fel, annál hosszabb lesz a menetciklus. A menetciklus hosszára vonatkozóan sincs egyértelmű meghatározás. Az irodalomban az előállított menetciklusok hossza 500 és 3000s között változik. Az általunk készített menetciklus hosszát is ebbe a tartományba helyeztük bele, törekedve a lehető legrövidebb menetciklus elkészítésére. Így a menetciklushoz az 1-es osztályból 5, a 2-es osztályból 2, míg a 3-as osztályból 3, a klaszterközepponthez legközelebb eső microtripet használtuk fel. Az így létrejött menetciklus az 1. ábrán látható. A menetciklus hossza 742 s, a benne lévő állásidő 87 s, mely a teljes hossz 11,73 %-a.



1. ábra. A járat menetciklusa

A menetciklus megfelelőségének bizonyítására a  $RMS = \sqrt{\sum_{i=1}^n ((x_i - x_{i,avg})/x_{i,avg})^2}$  négyzetes közép (Root Mean Square) mutatót használtuk. Az RMS analízis célja, hogy a minta statisztikai paramétereit és a teljes adatkészlet átlagos statisztikai paramétereit összehasonlítva megtaláljuk azt a menetciklust, amelynél a teljes RMS hiba minimális.

A vizsgálathoz a teljes minta és a menetciklus különböző paramétereinek eltéréseit hasonlítottuk össze és kaptunk meg egy végső ( $RMS_{total} = 0,092$ ) értéket, mely az irodalomban elfogadható értéknek minősíthető.

3.táblázat A menetciklus megfelelőségének vizsgálata

Paraméter	Teljes minta	Menetciklus
Átlagsebesség km/h	40,02	39,80
Átlagos haladási sebesség km/h	46,03	45,09
Maximális sebesség km/h	70,60	70,60
Átlagos gyorsulás m/s <sup>2</sup>	0,41	0,42
Átlagos lassulás m/s <sup>2</sup>	-0,65	-0,69
Maximális gyorsulás m/s <sup>2</sup>	2,33	2,33
Maximális lassulás m/s <sup>2</sup>	-1,79	-1,79
Állásidő aránya %	12,43	11,73

## 5. ÖSSZEFOGLALÁS

Menetciklusokat többféle célból, többféle módszerrel készítettek a szakirodalomban leírt vizsgálatokban. Az alkalmazott módszerek jellemzői (paramétereit) sok esetben a tapasztalatokon, a vizsgálatot végző választásán múlnak. Például a forgalomszervezés és a járműdinamikai szimuláció két olyan speciális terület, mely egyedi kérdéseket vet fel az alkalmazott módszerek részleteivel kapcsolatban. A vizsgált terület közlekedési jellegzetességei miatt is szükség lehet a paraméterek egyedi megválasztására.

Ebben a cikkben a debreceni tömegközlekedés egy kijelölt buszjáratára jellemző menetadatok összegyűjtésének lehetőségeit vizsgáljuk. Itt adatgyűjtésre a chase-car módszert, a menetciklus előállítására a klaszterezésen alapuló microtrip módszert alkalmaztuk.

Az eljárás megfelelőségét az alkalmazás (például a járműdinamikai szimuláció) során kapott eredmények minősítik. Az alkalmazási tapasztalatok alapján van lehetőség a menetciklus előállítási módszer javítására, a legmegfelelőbb paraméterek meghatározására.

## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatást az Innovációs és Technológiai Minisztérium által meghirdetett Tématerületi Kiválósági Program (TKP2020-NKA-04) támogatta, a Debreceni Egyetem (Járműipar) tématerületi programja keretében.

## IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] J. H. Kent, G. H. Allen, G. Rule: *A driving cycle for Sydney*, Transportation Research, Volume 12, Issue 3, June 1978, Pages 147-152
- [2] Schifter I, Díaz L, Rodríguez R, López-Salinas E.: *A driving cycle for vehicle emissions estimation in the metropolitan area of Mexico City*, Environ Technol. 2005 Feb;26(2):145-54.
- [3] JieLin, Debbie A, Niemeier: *An exploratory analysis comparing a stochastic driving cycle to California's regulatory cycle*, Atmospheric Environment Volume 36, Issue 38, December 2002, Pages 5759-5770
- [4] Hung WT, Tam KM, Lee CP, Chan LY, Cheung CS.: *Characterizing driving patterns for Zhuhai for traffic emissions estimation*, J Air Waste Manag Assoc. 2006 Oct;56(10):1420-30.
- [5] Sze-Hwee Ho, Yiik-Diew Wong, Victor Wei-Chung Chang: *Developing Singapore Driving Cycle for passenger cars to estimate fuel consumption and vehicular emissions*, Atmospheric Environment Volume 97, November 2014, Pages 353-362
- [6] Esteves-Booth A., Muneer T., Kirby H., Kubie J., Hunter J.: *The measurement of vehicular driving cycle within the city of Edinburgh*. Transportation Research Part D-transport and Environment 6. 209-220Sandu V., Chiru, A. *Automotive fuels*, Matrix Rom, Bukarest, 2007.