

İtibar Sistemleri Modelleme Ve Akıllı Trafik Sistemlerinde Kullanımı

Gülsüm Akkuzu Kaya 

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği

(gulsum.akkuzukaya@erdogan.edu.tr)

Received: May 27, 2021

Accepted: Jun.24, 2021

Published: Dec. 1, 2021

Özet— Akıllı trafik sistemleri (ATS), nesnelerin internetinin bir parçası olan ve temelde trafik güvenliğini ve ulaşım verimliliğini sağlamak için geliştirilen sistemlerdir. ATS’inde farklı mimariler ve bu mimariler arasında iletişim günümüz teknolojisi ile mümkün kılınmıştır. Geliştirilen mimarilerdeki bilginin güvenliğini sağlamak için genelde şifreleme sistemleri üzerine çalışmalar yapılmıştır. Ancak bu çalışmalarda ATS’lerin ana faktörlerinden biri olan araçların hareketleri göz ardı edilmiştir. Bu sorunu çözmek için araçları ve araçların hareketlerini içeren sistemlerin ATS sistemlerinde kullanımı gerekir. Bu çalışma belirtilen gereksinimleri dikkate alarak ATS’ler için bir itibar sistemi modellemesi geliştirmiştir. Geliştirilen itibar sisteminde kullanılacak matematiksel formüller ve formüllerin doğrulaması yapılarak geliştirilen sistemin sağlamlığı kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler : Akıllı trafik sistemleri (ATS), İtibar sistemleri, Matematiksel modelleme, Güvenlik.

Abstract— Intelligent transportation system (ITS), which are the parts of the Internet of Things (IoT), are systems which are developed to increase the security and the efficiency of current transportation systems. With today’s technology, improving various architectural structures and communication among the developed architectural systems have become possible. To ensure the security of those improved systems, studies have focused on encryption and decryption techniques. However, in those studies, vehicles, and the behavior of the vehicles, which are the main factor of an ITS, have been ignored. To overcome this gap in the literature, it is a need to develop a system in which vehicles and behaviors of vehicles need to be taken into the consideration. To do so, this study presents a reputation system that uses vehicles' behaviors for developing mathematical models. The developed reputation system and its mathematical models have been validated by analyzing the behaviors of the mathematical models.

Keywords : Intelligent transportation system(ITS), Reputation systems, Mathematical Modelling, Security

1. Giriş

Günümüz dünyasında kullanılan birçok cihaz internet bağlantısına sahiptir ve bu bağlantı sayesinde veri gönderebilir ve alabilirler. Bu durum sadece akıllı telefonlar, akıllı televizyonlar, akıllı buzdolapları, akıllı robotlar ve hatta akıllı evler için geçerli değil, dahası bu durum artık trafik sistemleri ve araçlar için de geçerlidir. Akıllı araç sistemleri nesnelerin internetinin bir parçası olan temelde mobil cihazlara benzer şekilde uyarlanmış bir işletim sistemine sahip mobil cihazlar olarak tanımlanırlar. Akıllı trafik sistemlerinin (ATS) ana amacı bilgisayar, kontrol, iletişim kanalları ve otomatikleştirilmiş

sistemleri kullanarak trafik güvenliği, ulaşım verimliliğini artırma ve enerji tüketimini azaltarak çevresel etkiyi azaltmaktır [1].

ATS'lerde, araçtan araca (V2V), araçtan alt yapıya (V2I), ya da araçtan her şeye (V2X) mimarileri ve bu mimariler arasında bilgi paylaşımı mümkündür [2]. Bu mimariler arasında bilgi paylaşımında en önemli faktör paylaşılan bilginin doğruluğudur ve güvenliğidir [3]. ATS'lerde bilgi güvenliğini sağlamak için araştırmacılar şifreleme ve şifre çözme teknikleri üzerine yoğunlaşmış ve bu alanda çeşitli çalışmalar sunmuşlardır [4]. Ancak geliştirilen birçok çalışmada ATS'lerde yer alan araçların hareketleri göz önünde bulundurulmadığı için bu sistemlerde güvenlik sorunu süregelmiştir.

Daha güvenli ATS'ler için, biz bu çalışmada itibar sistem tabanlı bir akıllı trafik sistemi sunuyoruz. Geliştirilen sistem trafikteki herhangi bir aracın olumlu ve olumsuz hareketlerine bağlı olarak o aracın itibar değerinin hesaplanabilmesi için gerekli matematiksel modellemeleri sunar. Ayrıca sistemin yapısal olarak mimarisini ve gerçek hayatta uygulanabilirliğini göstermek için sistemin çalışmasının açıklayan bir örnek sunar.

2. Literatür Taraması

ATS'lerdeki güvenlik ile ilgili yapılan çalışmaları ATS lerdeki genel güvenlik problemleri ve ATS'de bilgi kaynaklı güvenlik problemleri olarak iki grupta inceleyebiliriz. Bu sebeple, biz literatürdeki ilgili çalışmaları iki grupta inceledik.

2.1. Akıllı Trafik Sistemleri Genel Güvenlik Sorunları

Son yıllarda ATS'lerde genel güvenlik ile ilgili sorunların çözümü için farklı akademik çalışmalar yapıldı [13-19]. [13]'de ATS'lerde araç kullanıcılarının gizliliğini korumak için anonim kimlik doğrulama şemaları güven yönetim sistemleri kullanılarak oluşturulmuştur. Buna çok benzer olarak [14]'te, bir V2X sisteminde karşılanabilecek güvenlik ve gizlilik sorunları ve bunlar için geliştirilen çözüm önerileri tartışılmıştır. Ancak bu çalışmaların her ikisinde de yeni geliştirilen güvenlik ve gizlilik çözümlerine yer verilmemiştir. Bu açığı kapatmak için Hussain ve Zeadally yaptıkları çalışmada bir akıllı trafik sistemindeki güvenliği oluşturan sistemin belirleyici özellikleri en ince ayrıntısına kadar incelemişler ve her bir özelliğe oluşabilecek güvenlik açığının hangi yöntemle kapatılabileceğini tartışmışlardır [15]. Sadece geleneksel güvenlik modelleri değil ayrıca günümüzde en çok kullanılan teknikler olarak kabul edilen makine öğrenme teknikleri ile ATS güvenlik sorunlarını ve çözümlerini tartışan çalışma *Alnasser ve diğerleri* tarafından yapılmıştır [16]. En son olarak ATS'lerde siber güvenlik tehditleri ve bu tehditler için olası çözümler [17] ve [18] de ele alınmıştır.

2.2. İtibar Sistemleri ve Akıllı Trafik Sistemleri

İtibar, bir varlığın (insan veya makine) başka bir varlık hakkındaki düşüncesidir [7]. İtibar güven yönetiminde, teknolojik ve teknolojik olmayan neredeyse bütün sistemlerde oldukça önemli rol oynamaktadır. Örneğin; bir banka kredi için başvuran kişi veya organizasyona kredi sağlamadan önce başvuru sahibinin finansal geçmişini inceler. Yani bir varlığın geçmişteki hareketleri o varlığın itibar değerini oluşturur. Akıllı trafik sislerinde itibar değeri, bir aracın geçmişteki olumsuz hareketlerine bakarak oluşturulan bir değerdir[8].

İtibar sistemlerinin ATS'inde güvenlik ve emniyeti arttırabileceğini gösteren farklı çalışmalar yapılmıştır. Mármol ve Pérez [9] bir aracın itibar değerinin hesaplanabilmesi için üç farklı yöntem önermiştir; birincisi hedef araç ile ilgili diğer araçların önceki deneyimlerine dayanarak oluşturulabilecek itibar değeri, ikincisi diğer araçların tavsiyesi ile hesaplanabilecek itibar değeri ve son olarak ta merkezi bir sistemin tavsiyesi ile hesaplanabilir itibar değeridir. Merkezi bir sistemin tavsiyesi ile hesaplanabilir bir itibar sistemi ne yazık ki pratikte uygulanabilir değildir çünkü gelecekte milyarlarca aracın ATSne dâhil olacağı düşünülürse yalnızca bir merkez tarafından bu araçların itibar değerlerinin hesaplanmasının ve güncellenmesinin mümkün olmadığı anlaşılacaktır.

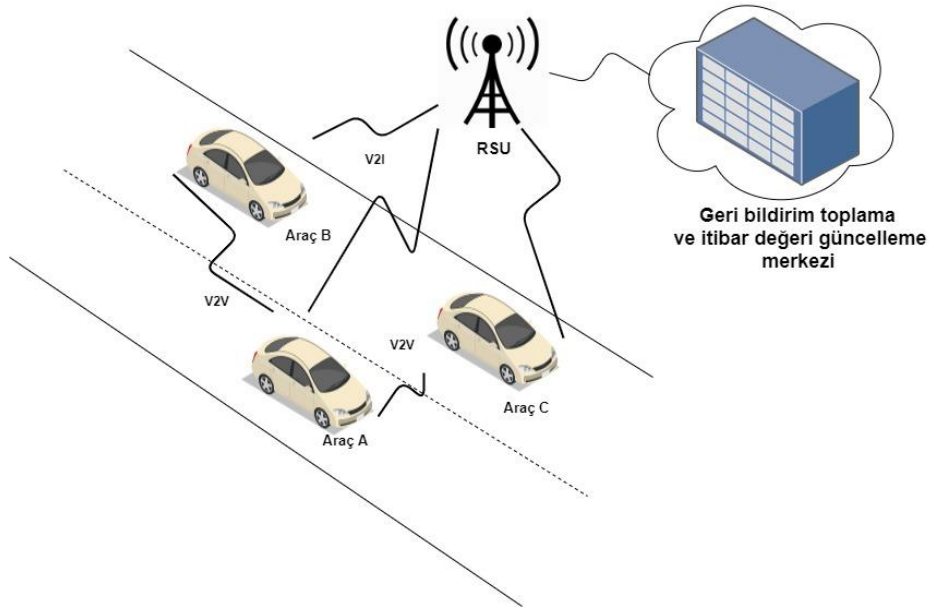
Bu soruna çözüm olarak dağıtık itibar yönetim sistemleri farklı araştırmacılar tarafından önerilmiştir. Li ve Song [10] veri ve düğüm güven değerlerinin tutulduğu iki farklı matris değerlerinin kullanıldığı bir itibar hesaplama modeli geliştirmişlerdir. Ancak geliştirilen modellemede bir aracın itibar değeri

hesaplamasında herhangi bir kanıt olmaksızın diğer araçların sağladığı bilgiler kullanılmıştır. Buna benzer bir çalışma Li ve Chigan tarafından geliştirilmiştir [11], geliştirilen çalışmada bir hareket algılama sistemi kullanılarak bir aracın itibar değeri hesaplaması yapılması önerilmiştir. Hareket algılamasının ise sadece araca komşu olan diğer araçlar tarafından belirlenmesi önerilen sistemin gerçek akıllık trafik sistemlerde uygulanabilirliğinin mümkün olmadığını göstermiştir.

Literatürdeki yapılmış çalışmalar göz önüne alındığında ATS’inde itibar değerlerinin kullanımının rolü oldukça önem arz etmesine rağmen araçların itibar değerlerinin hesaplanması için kullanılacak sistemler ve matematiksel modeller problem olarak varlıklarını sürdürmektedirler. Bu sorunlara çözüm getirmek için, bu çalışma beta itibar modellemelerini [12] temel alarak ATS’inde kullanılacak matematiksel modeller sunmaktadır.

3. Akıllı Araç Sistemleri İçin Tasarlanan İtibar Sistemi Modeli

Bu çalışma ATS’inde itibar değerlerinin kullanılması ile uygunsuz davranışlar gösteren araçların tanımlanması için geliştirilmiştir. Şekil 3.1. önerilen akıllı trafik sisteminin yapısal modelini gösterir. Önerilen sistem araçlar, yol kenarı üniteleri (RSU), ve geri bildirim toplama ve itibar güncelleme merkezinden oluşmaktadır. Şekilde gösterilen yol kenarı ünitesi araçların trafikte uygunsuz hareketlerini denetleme sorumluluğuna sahiptir [6]. Geri bildirim toplama ve itibar değeri güncelleme merkezi ise; her bir araca bir başlangıç itibar değeri atamak ve bu değeri geri bildirimlere bağlı olarak güncellemekle sorumludur (Ayrıntılar Şekil 3.2. ve açıklamasında verilmiştir).



Şekil 3.1: Akıllı ulaşım sistemi yapısal örnek gösterimi

A^X_Y : Araç X’in araç Y hakkındaki geri bildirimini ifade eder. Buna dayanarak Şekil 3.2’deki ifadeler aşağıdaki gibi özetlenebilir.

A^A_B : A aracının B aracı hakkında yaptığı geri bildirim

A^A_C : A aracının C aracı hakkında yaptığı geri bildirim

A^B_A : B aracının A aracı hakkında yaptığı geri bildirim

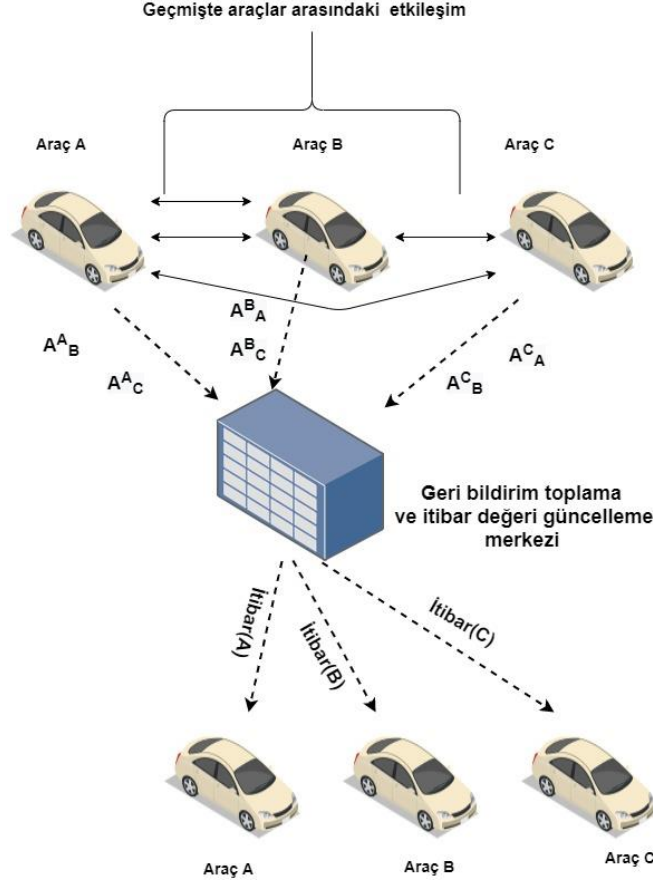
A^B_C : B aracının C aracı hakkında yaptığı geri bildirim

A^C_A : C aracının A aracı hakkında yaptığı geri bildirim

A^C_B : C aracının B aracı hakkında yaptığı geri bildirim

Aynı yol üzerinde bulunan araçlar (aynı güzergâh veya farklı güzergâhta bulunan araçlar) birbirlerinin trafikteki davranışları ile ilgili geri bildirim sağlarlar. Şekil 3.2 geliştirilen itibar sisteminin genel yapısını gösterir, şekle göre aynı alandaki araçların birbirleri hakkında geri bildirimleri üçüncü parti bir merkezi sistem (C, geri bildirim toplama ve itibar sistemlerinin güncelleme merkezi) tarafından

toplanarak her bir aracın itibar değeri yine bu merkezi sistemde hesaplanır ve güncellenir. Verilen şekilde araç A; araç B ve araç C hakkında geri bildirim yaparken, araç B; araç A ve araç C hakkında, araç C ise; araç A ve araç B hakkında geri bildirim yapmaktadır. Geri bildirimler toplandıktan sonra itibar merkezi itibar değerlerini hesaplayarak her bir araca itibar değerlerini atar. Şekilde İtibar(A), İtibar(B) ve İtibar(C) güncellenmiş itibar değerlerini ifade etmek için kullanılmıştır.



Şekil 3.2: Geri bildirim toplama ve itibar sistemleri güncelleme merkezi

İnsanların trafikte diğer araçlar ile ilgili düşüncelerini ifade etmek için bu çalışmada iki farklı ifade şekli kullanılmıştır. Bunlar;

- a: memnuniyet
- d: memnuniyetsizlik
- u: kararsızlık

Bu a, d ve u değerlerinin alabileceği sayısal değerlerinin dağılımı $[-1,1]$, $[-10,10]$ veya $[-100,100]$ şeklinde belirlenebilir. Bu çalışmada a ve d 'nin değer aralığı $[-100,100]$ olarak belirlenmiştir. Eğer bir araç için geri bildirim değeri memnuniyetsizlik ise bunun sayısal olarak alabileceği değer aralığı $[-100,0)$, eğer geri bildirim değeri memnuniyet ise alabileceği değer aralığı $(0,100]$. 0 değeri ise eğer bir aracın davranışı hakkında kararsızlık söz konusu ise verilebilecek geri bildirim sayısal karşılığıdır. Kararsızlık itibar değeri üzerinde herhangi bir etkiye sahip değildir. Bu sebeple itibar değerinin hesaplanması için geliştirilen matematiksel formüllerde u değişkeni yer almaz.

ATSnde araçların birbirleri hakkında geri bildirim sağlayabilecekleri durumlar Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1: Geri bildirim memnuniyet ve memnuniyetsizlik durumları

Memnuniyet	Memnuniyetsizlik
Acil durum araçlarına yol verme	Acil durum araçlarına yol vermeme
Hız bölgesinde belirlenen hızı	Hız bölgesinde belirlenen hızı aşma
Sol şeridi kapatmama	Sol şeridi kapatma
	Kazaya sebebiyet verme

3.1. Matematiksel Modelleme

Akıllı trafik sistemindeki her araç aynı güzergâhtaki veya karşıdan gelen araç ile ilgili geri bildirim yapabilir. Geri bildirim için memnuniyet ve memnuniyetsizlik ifadeleri kullanılır. Bir aracın itibar değerini hesaplamak için gerekli olan bilgiler; belirlenen araç ile ilgili kaç tane memnuniyet ve kaç tane memnuniyetsizlik olduğudur. Bu sayıların bilindiği varsayılırsa itibar formülü aşağıdaki gibi oluşturulur.

- Aşağıdaki matematiksel modellerde verile n değeri bir araç hakkında geri bildirim sağlayan araçların sayısını gösterir.

1. A aracı ile ilgili bütün geri bildirimler sadece memnuniyet ise;

Formül 1: $\text{İtibar}(X) = n \frac{a}{a+d+2}$

2. A aracı ile ilgili bütün geri bildirimler sadece memnuniyetsizlik ise;

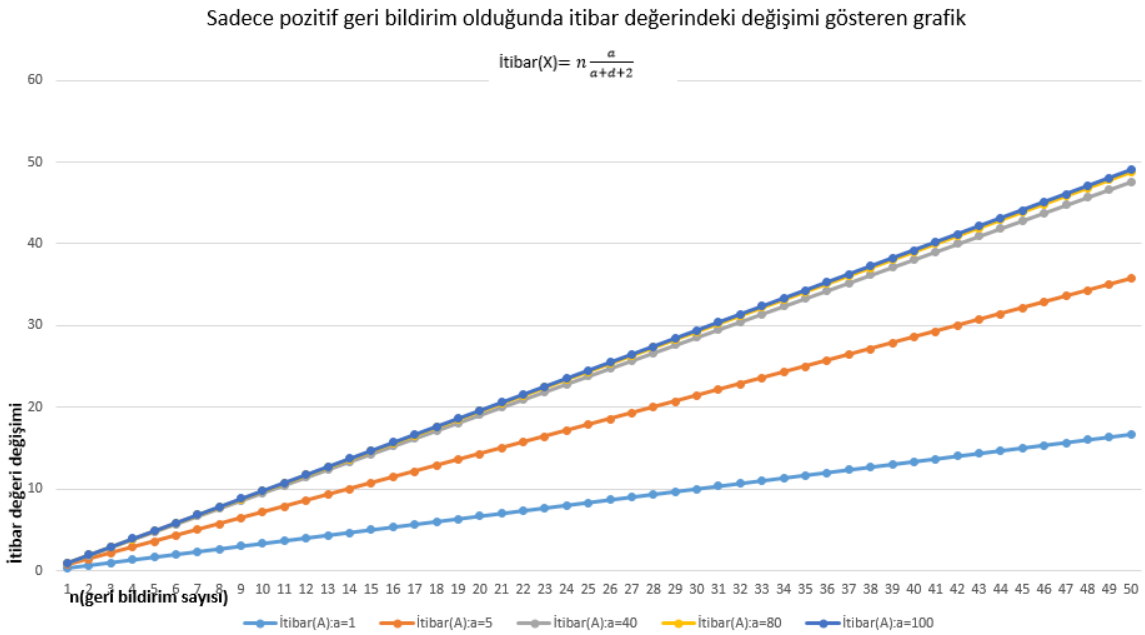
Formül 2: $\text{İtibar}(X) = n \left(\frac{d}{a-d+2} \right)$

3. A aracı ile ilgili hem memnuniyet hem de memnuniyetsizlik geri bildirimleri varsa;

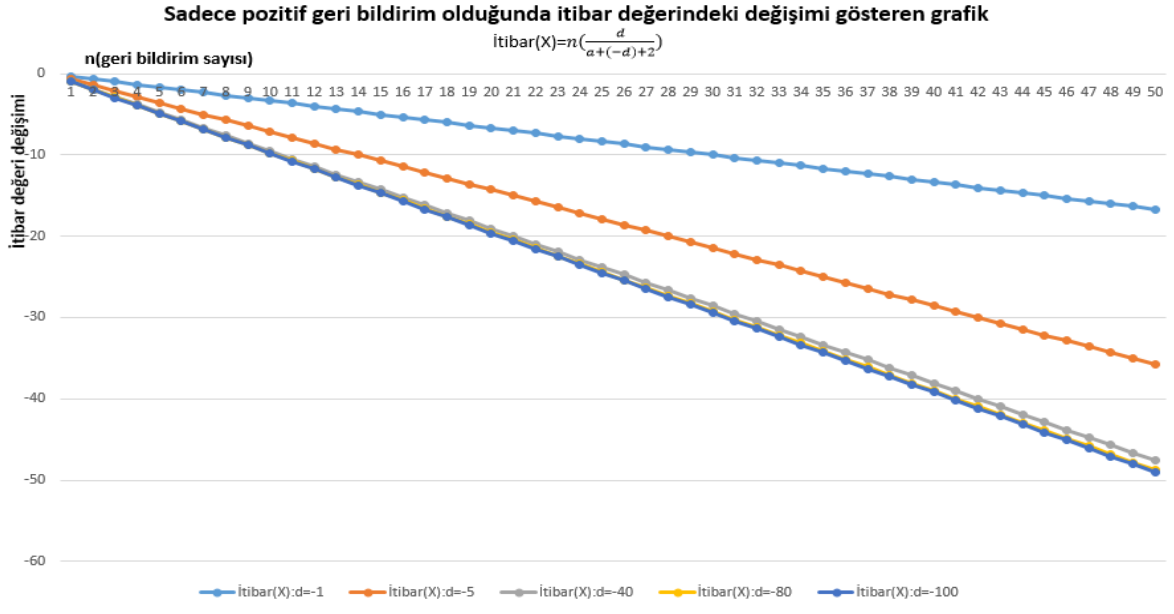
Formül 3: $\text{İtibar}(X) = \frac{n(a+d)}{(n(a-d)+2)}$

- Geliştirilen matematiksel formüllerin ispatı için en çok kullanılan tekniklerden biri olan model doğrulama yöntemi kullanılmıştır [5]. Bu yöntemde geliştirilen matematik formüllerinin hareketleri incelenir ve ifadenin davranışı incelenir. Biz bu çalışmada Sargent tarafından önerilen model doğrulama yöntemini kullanarak geliştirdiğimiz matematiksel ifadelerin davranışlarını inceledik. Aşağıda verilen grafikler bu davranışların açıklamalarını göstermektedir.

Şekil 3.1.1 akıllı bir trafik sisteminde bir araç ile ilgili yapılan geri bildirimler eğer sadece memnuniyet veya pozitif ise bu durumun itibar değerine yansımını gösterir. Verilen şekil itibar sistemi ile ilgili olan ilk formülün ispatıdır (Bkz. Formül 1). Görüldüğü üzere itibar değeri geri bildirim değerlerinin sayısına bağlı olarak pozitif değerde değişmektedir.

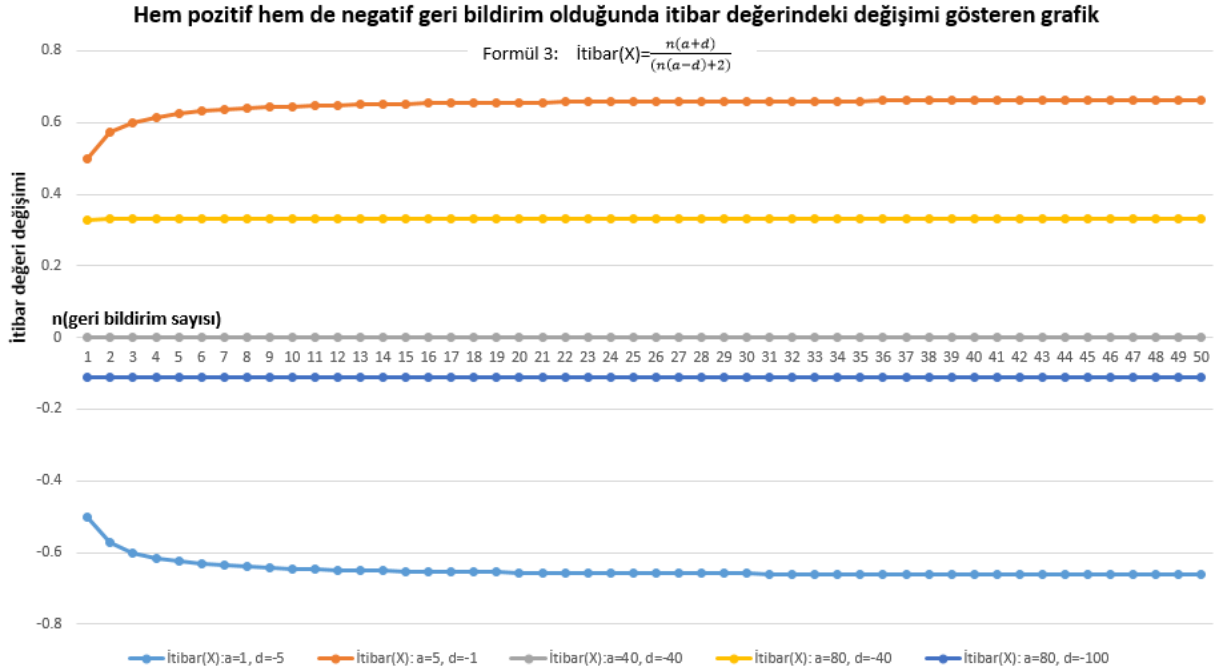


Şekil 3.1.1: Sadece pozitif geri bildirim olduğunda itibar değerindeki değişim



Şekil 3.1.2: Sadece negatif geri bildirim olduğunda itibar değerindeki değişim

Şekil 3.1.2 akıllı bir trafik sisteminde bir X aracı ile ilgili yapılan geri bildirimler eğer sadece memnuniyetsizlik veya negatif ise bu durumun itibar değerine yansımaları gösterir. Verilen şekil itibar sistemi için geliştirilen matematiksel formüllerden *Formül 2'nin* ispatıdır. Görüldüğü üzere itibar değeri geri bildirim değerlerinin sayısına bağlı olarak negatif ekseninde değişmektedir.



Şekil 3.1.3: Hem pozitif hem negatif geri bildirim değerleri olduğunda itibar değerindeki değişim

Şekil 3.1.3 akıllı bir trafik sisteminde bir X aracı ile ilgili yapılan geri bildirim değerlerinde hem memnuniyet hem de memnuniyetsizlik durumları olduğunda itibar değerindeki değişimin nasıl olabileceğini gösterir. Verilen şekil itibar sistemi için geliştirilen matematiksel formüllerden *Formül 3'ün* ispatıdır. Görüldüğü üzere itibar değeri geri bildirim değerlerinin sayısına bağlı olarak negatif

eksende veya pozitif eksende değişmektedir. Eğer pozitif geri bildirim ve negatif geri bildirim değerleri birbirine eşit, aynı zamanda negatif ve pozitif geri bildirim sayıları birbirine eşit ise itibar değerinde herhangi bir değişim olmaz. Çünkü bu değerler Formül 3'te yerlerine konulduğunda 0(sıfır) değeri elde edilir dolayısıyla itibar değeri üzerinde etkisi olmaz.

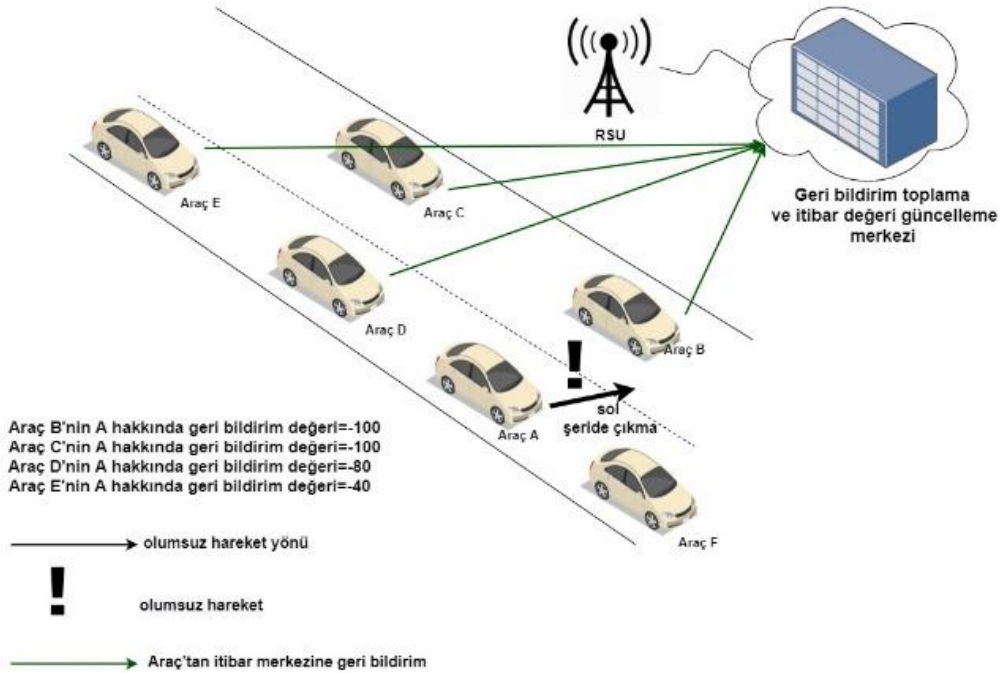
Bu çalışma akıllı trafik sistemine dâhil olan her araca itibar değeri atamasının yapılması $Araç: Araç F \rightarrow İtibar$ ifadesi kullanarak gösterilebilir. Bu itibar değerinin güncellenmesi (artması veya azalması) aracın trafikteki hareketlerine bağlı olarak diğer araçlardan gelen geribildirimlerle ile $İtibar[Araç] F \rightarrow [İtibar(Araç) + \partial(İtibar, a, d)]$ ifadesi ile gerçekleştirilebilir. $İtibar(Araç)$ aracın sistemde kayıtlı olan itibar değerini sayısal olarak gösterir, bu var olan itibar değerine yeni değer $\partial(İtibar, a, d)$ fonksiyonu kullanılarak eklenir. Bu fonksiyon üç parametre ile çalışır. Bunlar sistemde kayıtlı olan itibar değeri, memnuniyet geri bildirim değeri ve memnuniyetsizlik geri bildirim değerleridir.

$$\partial(İtibar, a, d) = \begin{cases} İtibar(a,0) \Rightarrow \text{Formül 1} \\ İtibar(0,d) \Rightarrow \text{Formül 2} \\ İtibar(a, d) \Rightarrow \text{Formül 3} \end{cases}$$

4. Örnekleyen Sayısal Sonuçlar

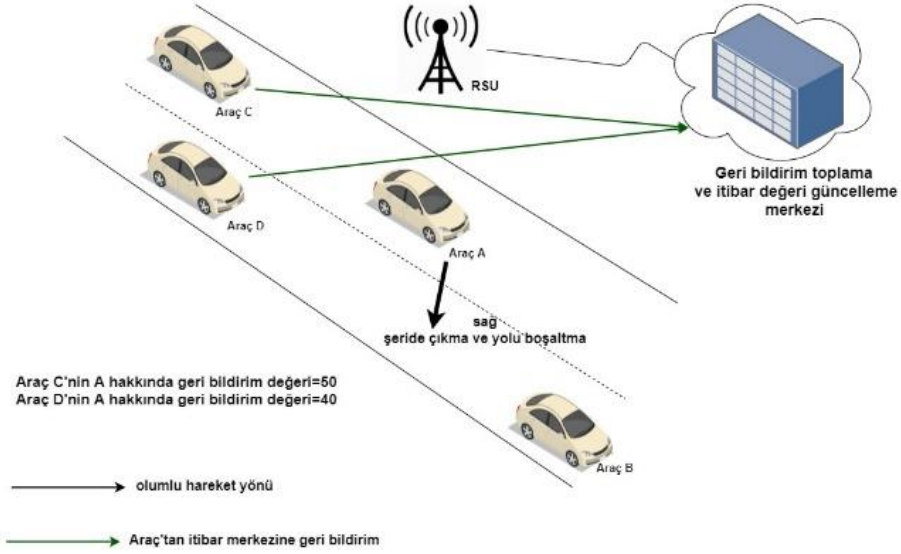
Çalışmanın bu bölümü geliştirilen matematiksel formüllerin gerçek hayatta uygulanabilirliğini göstermeyi amaçlar. Yapılan örneklem çalışması bir A aracını akıllı trafik sisteminde yaptığı olumlu ve olumsuz hareketlere ve zamana bağlı olarak itibar değerindeki değişimi gösterir.

A aracının t zamanındaki itibar değeri $İtibar(A)=1$ olsun. Bu A aracının t+1 ve t+2 zamanındaki itibar değerindeki değişimi gözlemleyelim. Şekil 4.1. A aracının t+1 zamanında akıllı trafik sisteminde yaptığı olumsuz hareket ve aynı güzergâhta bulundan araçların A aracının hareketine bağlı olarak merkezi birime bildirdikleri memnuniyetsizlik değerlerini göstermektedir.



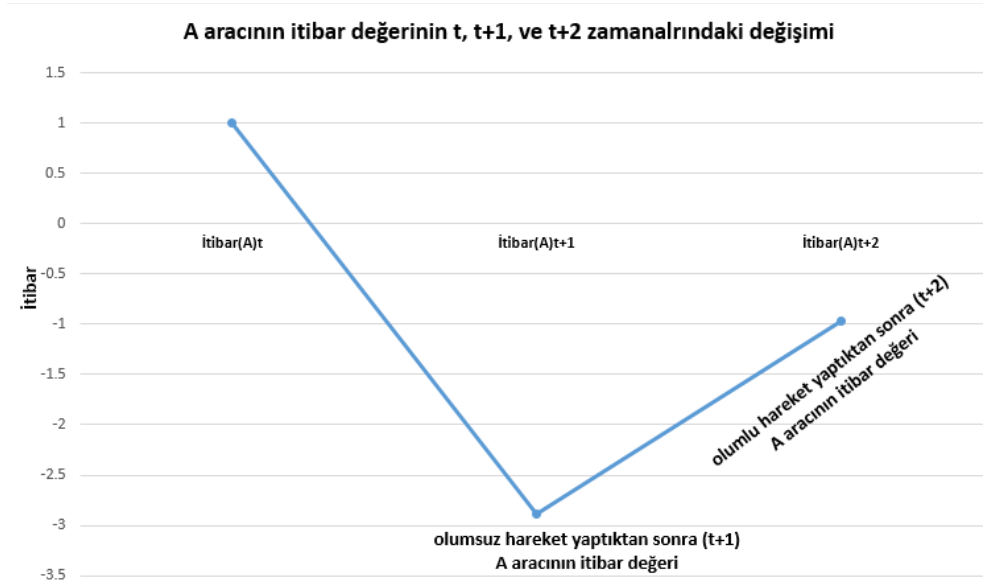
Şekil 4.1. A aracının t+1 zamanında yaptığı olumsuz hareket ve geri bildirim değerleri

Şekil 4.2. A aracının t+2 zamanında akıllı trafik sisteminde yaptığı olumlu hareketi ve aynı güzergâhta bulundan araçların A aracının hareketine bağlı olarak merkezi birime bildirdikleri memnuniyet değerlerini göstermektedir.



Şekil 4.2. A aracının t+2 zamanında yaptığı olumlu hareket ve geri bildirim değerleri

Şekil 4.3. A aracının itibar değerinin t, t+1 ve t+ 2 zaman değerlerindeki değişimlerini gösterir. Görüldüğü üzere t zaman diliminde itibar değeri pozitif iken; A aracının olumsuz hareketine bağlı olarak diğer araçlardan gelen memnuniyetsizlik (d) geri bildirim değerleri ile t+1 zaman diliminde A aracının itibar değeri güncellenmiştir. A aracı t+1 ve t+2 zaman aralığında trafikte diğer araçlardan pozitif geri bildirim almış ve bu t+2 zamanında itibar değerine yansımıştır.



Şekil 4.3. A aracının t+1 zamanında yaptığı olumsuz hareket ve geri bildirim değerleri

4. Sonuç

Bu çalışmada biz güvenli ATS için bir itibar sistemi ve bu sistemde kullanılacak matematiksel formüller geliştirdik. İtibar sistemleri güvenliğin geliştirilmesi için birçok alanda kullanılmış ve son zamanlarda ATS'inde kullanımı tartışılmaya başlanmıştır. Ancak itibar sistemlerinin kullanılabilmesi için gerekli matematiksel formüllerin geliştirilmesi bir problem olarak varlığını sürdürmüştür. Bu çalışma hem ATS için bir itibar sistemini yapısal olarak tanıtmış hem de bu itibar sisteminde kullanılacak formülleri geliştirmiştir. Geliştirilen modellerde araçların trafikte yaptıkları olumlu ve olumsuz hareketleri geri bildirim değerleri olarak kullanılmıştır. Geri bildirim değerleri memnuniyet ve memnuniyetsizlik olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır. Eğer memnuniyet söz konusu ise bu değer 0 ile 100 arasında olabilir, ancak memnuniyetsizlik söz konusu ise bu değer 0 ile -100 arasında bir değer alabilir. Gelecek çalışma olarak,

geliştirilen itibar sistemi ile karar destek sistemlerini bir arada kullanarak cezalandırma ve ödüllendirme sistemi geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Kaynaklar

- [1] Bernik, I. &. (2014). Ensuring the security of information by understanding user behavior on a mobile device. *Varstvoslovje*, 5-15.
- [2] Gupta, M., Awaysheh, F. M., Benson, J., Al Azab, M., Patwa, F., & Sandhu, R. (2020). An attribute-based access control for cloud-enabled industrial smart vehicles. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*.
- [3] Su, S., Tian, Z., Liang, S., Li, S., Du, S., & Guizani, N. (2020). A reputation management scheme for efficient malicious vehicle identification over 5g networks. *IEEE Wireless Communications*, 27(3), 46-52.
- [4] Du, X., Xiao, Y., Guizani, M., & Chen, H. H. (2007). An effective key management scheme for heterogeneous sensor networks. *Ad Hoc Networks*, 5(1), 24-34.
- [5] Sargent, R. G. (2000, December). Verification, validation, and accreditation of simulation models. In *2000 Winter Simulation Conference Proceedings (Cat. No. 00CH37165) (Vol. 1, pp. 50-59)*. IEEE.
- [6] Moreira, E. (2019). An evaluation of reputation concerning the opportunistic forwarding of messages in VANETs. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2019(1), 1-14.
- [7] Dotzer, F., Fischer, L., & Magiera, P. (2005, June). Vars: A vehicle ad-hoc network reputation system. In *Sixth IEEE International Symposium on a World of Wireless Mobile and Multimedia Networks (pp. 454-456)*. IEEE.
- [8] Iqbal, R., Butt, T. A., Afzaal, M., & Salah, K. (2019). Trust management in social internet of vehicles: factors, challenges, blockchain, and fog solutions. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 15(1), 1550147719825820.
- [9] Mármol, F. G., & Pérez, G. M. (2012). TRIP, a trust and reputation infrastructure-based proposal for vehicular ad hoc networks. *Journal of network and computer applications*, 35(3), 934-941.
- [10] Li, W., & Song, H. (2015). ART: An attack-resistant trust management scheme for securing vehicular ad hoc networks. *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, 17(4), 960-969.
- [11] Li, Z., & Chigan, C. T. (2014). On joint privacy and reputation assurance for vehicular ad hoc networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, 13(10), 2334-2344.
- [12] Josang, A., & Ismail, R. (2002, June). The beta reputation system. In *Proceedings of the 15th bled electronic commerce conference (Vol. 5, pp. 2502-2511)*.
- [13]. Lu, Z., Qu, G., & Liu, Z. (2018). A survey on recent advances in vehicular network security, trust, and privacy. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 20(2), 760-776.
- [14] Huang, J., Fang, D., Qian, Y., & Hu, R. Q. (2020). Recent advances and challenges in security and privacy for V2X communications. *IEEE Open Journal of Vehicular Technology*, 1, 244-266.
- [15] Hussain, R., Hussain, F., & Zeadally, S. (2019). Integration of VANET and 5G Security: A review of design and implementation issues. *Future Generation Computer Systems*, 101, 843-864.
- [16] Alnasser, A., Sun, H., & Jiang, J. (2019). Cybersecurity challenges and solutions for V2X communications: A survey. *Computer Networks*, 151, 52-67.

- [17] Hahn, D. A., Munir, A., & Behzadan, V. (2019). Security and privacy issues in intelligent transportation systems: Classification and challenges. *IEEE Intell. Transp. Syst*, 1.
- [18] Parkinson, S., Ward, P., Wilson, K., & Miller, J. (2017). Cyber threats facing autonomous and connected vehicles: Future challenges. *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, 18(11), 2898-2915.
- [19] van der Heijden, R. W., Dietzel, S., Leinmüller, T., & Kargl, F. (2018). Survey on misbehavior detection in cooperative intelligent transportation systems. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 21(1), 779-811.