Traffic Analysis for Ramp Junction on Freeway and City Entrance- Case study: Jabla& Qerdaha Junction-

Dr. Akram Rustom[*]
Abeer Lolo[**]

(Received 30 / 10 / 2019. Accepted 26 / 8 / 2020)

□ ABSTRACT □

The Revelation of Technology tools help the innovation of traffic analysis tools. These tools are divert. One of the most common code in traffic field is HCM. It uses in operational analyze, planning and designing.
In this study, we focus on the operational analyses of Ramps using Hcm2000 and Hcs2000. Areas of study are Jabla& Qerdaha junctions. The evaluation of these junctions depend on LOS; the LOS A=are A for all Ramps .While the FFS are 90 km/h for the freeway and 60 km/h for the Ramps, the Calculate speed are 55 Km/h for Ramps& 87km/h for the freeway.

Keywords: HCM2000, Operational Analyze, Ramps, Freeway

[*] **Associate Professor - Transport& Traffic Engineering Dep.- Civil Engineering Faculty- Tishreen University.-Lattakia- Syria.**
[**] **Master Student - Transport& Traffic Engineering Dep.- Civil Engineering Faculty- Tishreen University.-Lattakia- Syria.**

التحليل المروري لنقاط اتصال الطرق الحرة والطرق الريفية ومداخل المدن -حالة درسية: عقدتي جبله والقرداحة-

د. أكرم رستم*

عبير لولو**

(تاريخ الإيداع 30 / 10 / 2019. قُبِل للنشر في 26/ 8 / 2020)

□ ملخّص □

أدت ثورة المعلومات والتكنولوجيا إلى تطور الأدوات المستخدمة في التحليل والتقييم المروري، وتمايزت هذه الطرق حسب الغاية من التحليل والمنشأة المراد تحليلها، ويعد دليل السعة الأمريكي HCM واحد من أهم الكودات العالمية المستخدمة في التحليل والتقييم المروري.

في هذه الدراسة تم الاعتماد على تحليل الرامبات في منطقة الدراسة (عقدتي القرداحة وجبلة) على HCM2000 وبمساعدة التطبيق البرمجي المرفق لهذا الدليل HCS2000، وبعد التحليل والتقييم تبين أن مستويات الخدمة على عقدتي جبله والقرداحة A أي ان الكثافة المرورية عليها لا تزال ضمن الحدود التشغيلية المقبولة والسرعة على الرامبات 55 كم/سا بينما السرعة على الطريق الحر (اتوستراد اللاذقية- دمشق) 87 كم/سا.

الكلمات المفتاحية: الطرق الحرة، الرامبات، التحليل العملياتي، دليل السعة الأمريكي

* **أستاذ مساعد - قسم الموصلات والنقل- كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.**

** **طالبة ماجستير - قسم المواصلات والنقل- كلية الهندسة المدنية- جامعة تشرين- اللاذقية- سورية.**

مقدمة:

تعد الطرق شريحة أساسية من شرائح وأقسام المواصلات، مساراتها محددة على سطح اليابسة ومتمثلة بشريط من الأرض محدد ومعد ومجهز لسير العربات الطرقية عليه براحة وسرعة وأمان.

جاءت وتطورت الطرق الحالية بأنواعها المختلفة بعد أن مرت بعدة مراحل من التطور، كانت الطرق في البداية عبارة عن مسالك وممرات ودروب صغيرة ثم أخذت تتطور بشكل ملحوظ وواضح وأصبح لها أسس تصميمية علمية لتشييدها، وتقسم الطرق الحرة إلى ثلاثة أقسام رئيسية وهي: الطريق الأساسي، منطقة التماوج والرمبات.

يعرف االتماوج كعبور(اجتياز) حقلي مرور أو أكثر في نفس الاتجاه العام على طول هام من الطريق الحر(السريع) بدون مساعدة من أدوات التحكم المروري باستثناء إشارات الدلالة

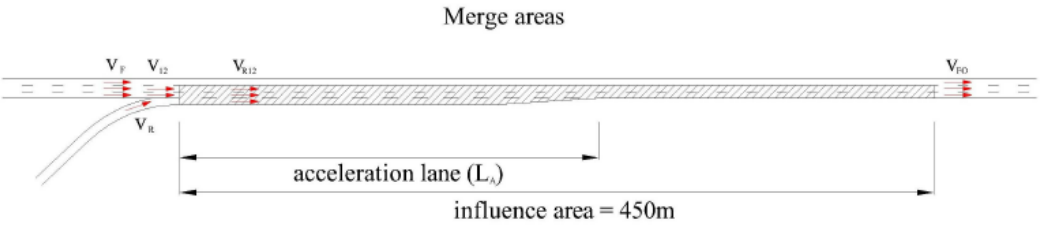
حيث الرمب هو جزء (مسافة) من الطريق الذي يؤمن اتصال خاص بين طريقين ويتم تصميم الرمبات عند تقاطع أتوستراديين، طرق عامة متعددة الحارات، طرق عامة بحارتين، شوارع الضواحي والشوارع العامة.

يتألف الرمب من ثلاثة عناصر هندسية:

- ✓ اتصال رمب بالطريق السريع.
- ✓ الرمب.
- ✓ اتصال رمب بالشارع

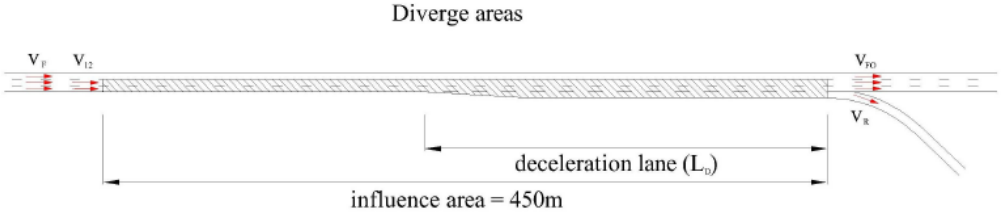
وتصنف الرامبات إلى نوعين:

- رامب دخول:



الشكل (1) رامب دخول (اندماج)

- رامب خروج:



الشكل (2) رامب خروج (إفتراق)

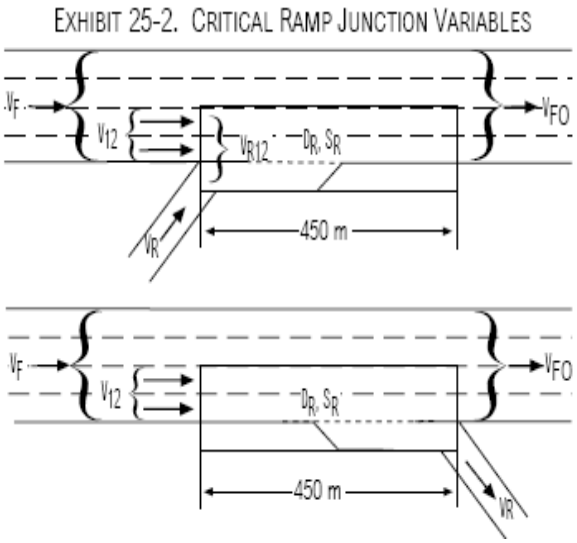
مناطق الاندماج:

حيث تدخل العربات من الرمب الداخل للطريق الحر الرئيسي وتختلط مع حركة المرور لتشكل حركة مرور واحدة.

مناطق الإفتراق:

حيث تنفصل حركة المرور على الطرق الحرة إلى حركتي مرور عند الرمب الخارج، نقاط الاندماج والافتراق هي أماكن اضطراب حركات العربات، ومقدار الاضطراب يعتمد على:

- الغزارات على الرمب والطريق الحر.
- توزيع المرور عبر الحارات المتوفرة.
- سلوك قبول الثغرة الزمنية.
- اختلافات السرعة بين العربات المستقيمة والعربات المندمجة أو المتفرعة.[1]



الشكل (3) معاملات رامبات الدخول والخروج

إن دراسة الحركة المرورية ,والهندسية للطرق السريعة ونقاط الدخول والخروج فيها (الرامبات– العقد) يتطلب دراسة شاملة للبنية الهندسية والوضع المروري من أجل الوصول إلى حالة تشخيص واقعية لحركة المرور، قامت وزارة التنمية الاسكتلندية بتكليف من شركة SIAS ببناء نموذج رمبات ليغطي قسم من الطرقات في مدينة غلاسكو، ولوحظ قبل تطبيق الرمب زيادة في الازدحام المروري على الطريق حيث كانت متوسط سرعة المركبات قليل وبالتالي كان يعاني السائقين من تأخر في الوصول، من خلال وضع نموذج الرمبات تم استخدام أفضل للبيانات المرصودة لتطبيق الرمب من خلال بيانات المرور التي تم رصدها لكن تطبيق الرمب على تقاطع الطريق السريع مع الطرق الأخرى كان أفضل، حيث تحسنت حركة المرور من خلال دمج أكثر من سلسلة حيث ان التدفقات على الطريق كانت أفضل و متوسط السرعات زاد كذلك، وكذلك انخفاض مستويات التأخير وزيادة معدلات الامرار والتشغيل.[2]

يرتبط الازدحام المروري في مدخل الرمب و مخرج الرمب مع تيارات الحركة الرئيسة على الطريق السريع، واقترح الباحث MUHAMMAD AKRAM BIN ADNAN، نموذج من الرمبات وخاصة فيما يتعلق بمداخلها، ساهم في تأمين السرعة المناسبة على هذه الطرق مما يؤمن توفير التنقلات دون انقطاع في تدفق في حركة المرور في كل من

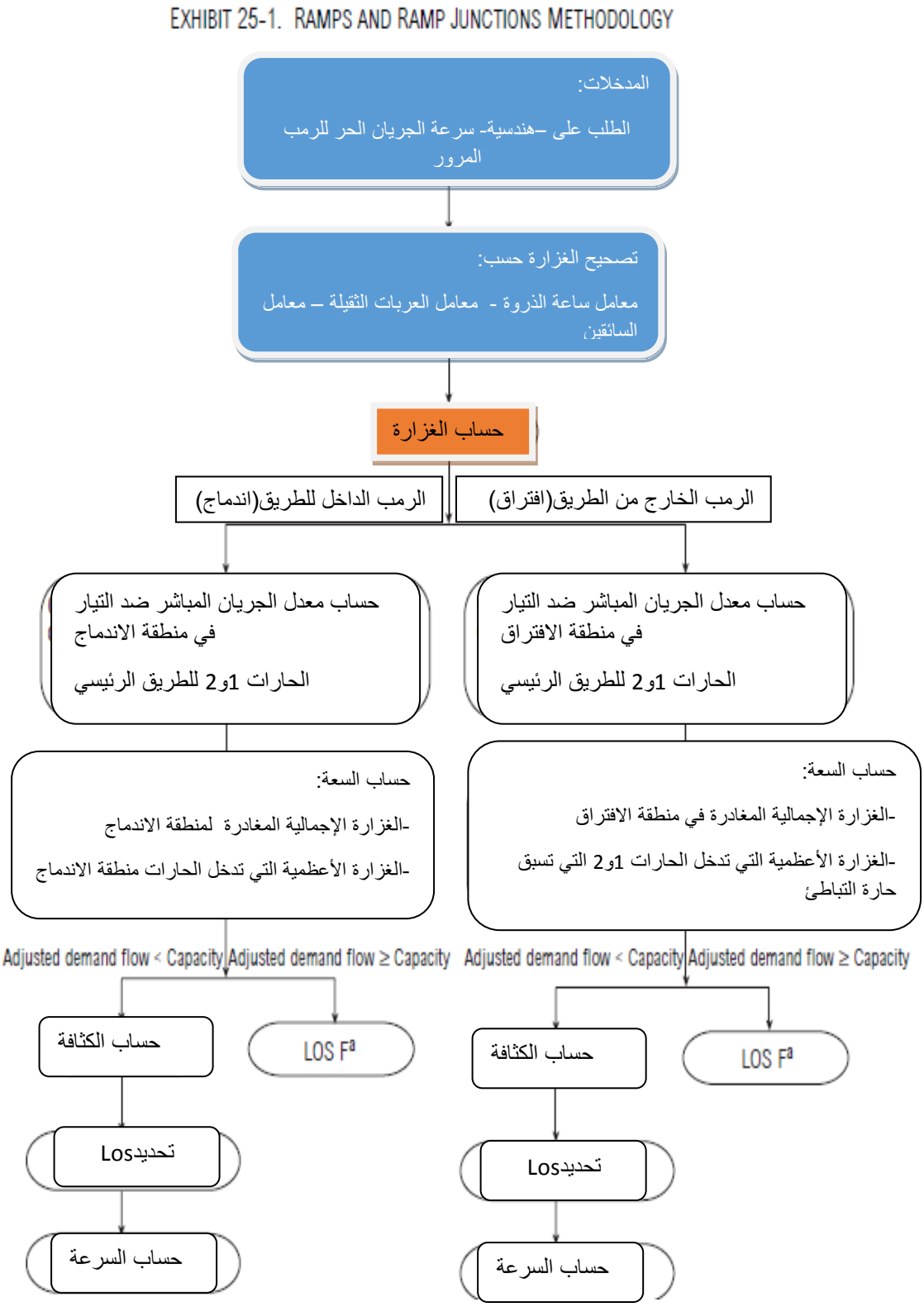
المناطق الحضرية و الريفية، هذا التطوير في الرمبات ساهم في تخفيف التعقيد في حركة المرور عند مدخل و مخرج الرمب، تصميم الرمبات ساهم في التسريع في دمج حركة المرور مع أقل وقت من التعطيل تطوير التصميم المناسب لدمج مرافق الطريق السريع يعتمد إلى حد كبير على قدرة الطريق وعلى قدرة الرمب.

معظم استراتيجيات إدارة الطريق السريع والسيطرة على الرمب وضعت على أساس القيم المقدرة على الطريق السريع ومكونات وتقاطعات الطريق و الرمب، نوعية الخدمات وانهيار القدرة التشغيلية ترتبط مباشرة مع القدرة على الطريق السريع وتمثل جزءا هاما من التحليل التشغيلي.[3]

1. التحليل العملياتي وفقاً لـ HCM2000

تختلف طريقة التقييم حسب المعايير والطرق المراد تقييمها، وتعتبر هذه المنهجية شاملة لتقييم الأداء والسعة وجودة الخدمات، وهذه المنهجية تتضمن أيضاً موديلات أزمنة الرحلات وقياس أدائها وتحديد المصادر التي تسبب المشاكل المرورية على هذه القطاعات، ويعطي التحليل النهائي تصور شامل حول وضع هذه القطاعات وطرق حل المشاكل المرورية.[10]

يظهر المخطط النهجي (4) مدخلات تنظيم الحساب الأساسي بالنسبة للرمبات ونقاط اتصال الرمب ، حيث المدخلات الأساسية هي الغزارة وسرعة الجريان الحر:



الشكل (4) المنهجية المتبعة في تقييم رامبات الدخول والخروج وفقاً لـ HCM2000

2. الإشكالية:

تشكل أماكن اتصال الطرق ببعضها نقاط خطر على حركة المرور حيث تزداد كثافة المرور وتقف السيارات في طوابير على الطرق الحرة الرئيسية مما يؤدي إلى الازدحام و التأخير في الوصول وانخفاض مستوى الخدمة على هذه الطرق.

أهمية البحث وأهدافه:

التخلص من العديد من المشاكل المرورية عند تقاطعات الطرق الحرة ببعضها (تقاطعات بمستويين) وخاصة الازدحام المروري و بالتالي تأمين تدفق العربات دون انقطاع وكذلك الحد من الحوادث المروريه على هذه التقاطعات، وبالتالي رفع درجة السلامة المرورية ورفع مستوى الخدمة على هذه الطرق، وتكمن أهداف الدراسة فيما يلي:

- تصريف القوافل على التقاطعات بأقصى سرعة ممكنة
- تحسين مستوى الخدمة على الطرقات
- تخفيف الازدحام في مناطق الاتصال
- زيادة سعة الطرقات
- انخفاض زمن التأخير
- زيادة القدرة التشغيليه للطرقات

منهجية البحث:

1) تحديد منطقة الدراسة (عقدة مدينة جبله، عقدة مدينة القرداحه)، والاشكال (4،5) توضح العقدتين:

الشكل (5) صورة باستخدام Google Earth لعقدة مدينة جبله مع الغزارات

الشكل (6) صورة باستخدام Google Earth لعقدة مدينة القرداحة مع الغزارات

2) تجميع البيانات الهندسية والمرورية وقياس الغزارات المرورية والخصائص المرورية للحركة:

الجدول (1) الغزارات في عقدة جبله عام 2018

	نوع الرامب	الغزارة قبل الاندماج عربة حسابية/ساعة	الغزارة بعد الاندماج عربة حسابية/ساعة
جبله	R1	69	234
	R2	34	130
	R3	100	178
	R4	69	124

الجدول (2) الغزارات في عقدة القرداحة عام 2018

	نوع الرامب	الغزارة قبل الاندماج عربة حسابية/ساعة	الغزارة بعد الاندماج عربة حسابية/ساعة
القرداحة	R1	88	262
	R2	117	255
	R3	212	253
	R4	92	241

3. التحليل العملياتي: سيتم التحليل باستخدام برنامج HCS2000 وهو تطبيق خاص بالتقييم والتحليل المروري، ويعتمد على دليل السعة الأمريكي HCM2000، ويؤخذ بالاعتبار المدخلات الهندسية والمرورية للرامبات مثل الغزارة واتجاه الرامب وعدد حاراته، وسرعة الجريان الحر، وعدد الحارات على الطريق الحر، أما المخرجات فهي مستويات الخدمة والكثافة والسرعة الحسابية.

النتائج والمناقشة:

- التحليل العملياتي وفق HCM 2000:

تم استخدام برنامج Hcs2000 في تقييم الرامبات على عقدتي جبله والقرداحة.

أولاً: عقدة جبله:

R1:

Type of analysis	Diverge نوع الرامب إفتراق		
Number of lanes in freeway	3		
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h	
Volume on freeway	270	vph	
بيانات الرامب			
Side of freeway	Right		اتجاه الرامب: اليمين
Number of lanes in ramp	1		عدد حارات الرامب
Free-Flow speed on ramp	60.0	km/h	سرعة الجريان الحر
Volume on ramp	67	vph	الغزارة المرورية
Length of first accel/decel lane	150	m	طول مسافة التسارع
Length of second accel/decel lane		m	
التحويل الى pc/h			
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp
Volume, V (vph)	270	67	الغزارة vph
Peak-hour factor, PHF	0.84	0.76	معامل ساعة الذروة
Peak 15-min volume, v15	80	22	الزيادة على الغزارة
Trucks and buses	25	25	نسبة العربات الثقيلة
Recreational vehicles	0	0	%
Terrain type:	Level	Level	Level نوع المنطقة
Grade	0.00 %	0.00 %	% الميل
Length	0.00 km	0.00 km	km الطول
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5	معامل
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2	
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.889	0.889	
Driver population factor, fP	1.00	1.00	
Flow rate, vp	362	99	الغزارة المعدلة pcph
Estimation of V12 Diverge Areas			
L = 0.00 (Equation 25-8 or 25-9)			
EQ			
P = 0.746 Using Equation 5			
FD			
v = v + (v - v) P = 295 pcph			
12 R F R FD			
Capacity Checks			
	Actual	Maximum	LOS F?
v = v	362	6750	No
Fi F			
v	295	4400	No
12			
v = v - v	263	6750	No

FO F R			
v	99	2000	No
R			
الكثافة ومستوى الخدمة			
Density, D = 2.642 + 0.0053 v - 0.0183 L = 1.5 pc/km/ln			
R 12 D			
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence A			
السرعة الحسابية			
Intermediate speed variable, D = 0.412			
S			
Space mean speed in ramp influence area, S = 81 km/h			
R			
Space mean speed in outer lanes, S = 95.4 km/h			
0			
Space mean speed for all vehicles, S = 82.9 km/h			

وتم تقييم مستويات الخدمة لباقي الرامبات على عقدة جبلة وفقا لما سبق والنتائج موضحة في الجدول (3)، أما عقدة القرداحة تم اختيار الرامب التالي:

R2:

Freeway Data				
Type of analysis	Merge			
Number of lanes in freeway	3			
Free-flow speed on freeway	90.0	km/h		
Volume on freeway	255	vph		
On Ramp Data				
Side of freeway	Right			
Number of lanes in ramp	1			
Free-flow speed on ramp	60.0	km/h		
Volume on ramp	117	vph		
Length of first accel/decel lane	150	m		
Length of second accel/decel lane		m		
Conversion to pc/h Under Base Conditions				
Junction Components	Freeway	Ramp	Adjacent Ramp	
Volume, V (vph)	255	117		vph
Peak-hour factor, PHF	0.93	0.81		
Peak 15-min volume, v15	69	36		v
Trucks and buses	25	0		%
Recreational vehicles	0	0		%
Terrain type:	Level	Level	Level	
Grade	%	%	%	
Length	km	km	km	
Trucks and buses PCE, ET	1.5	1.5		
Recreational vehicle PCE, ER	1.2	1.2		
Heavy vehicle adjustment, fHV	0.889	1.000		
Driver population factor, fP	1.00	1.00		
Flow rate, vp	308	144		pcph
Estimation of V12 Merge Areas				
L = 0.00 (Equation 25-2 or 25-3)				
EQ				
P = 0.591 Using Equation 1				
FM				
v = v (P) = 182 pcph				

12 F FM			
Capacity Checks			
	Actual	Maximum	LOS F?
v FO	452	6750	No
v R12	326	4600	No
Level of Service Determination (if not F)			
Density, D = 3.402 + 0.00456 v + 0.0048 v - 0.01278 L = 3.0 pc/km/ln			
R R 12 A			
Level of service for ramp-freeway junction areas of influence A			
Speed Estimation			
Intermediate speed variable, M_S = 0.290			
Space mean speed in ramp influence area, S_R = 83.3 km/h			
Space mean speed in outer lanes, S_0 = 90.0 km/h			
Space mean speed for all vehicles, S = 85.1 km/h			

أما باقي الرامبات موضحه في الجدول (3)، ومستويات الخدمة على كامل الرامبات في عقدتي جبله والقرداحة ضمن المستوى A، وتم التحليل بعد 10 سنوات باعتبار أن معامل النمو 1.5 كانت مستويات الخدمة ايضاً ضمن المستوى A.

الجدول (3) نتائج التحليل العملياتي للرامبات المدروسة على عقدتي جبله والقرداحة

	نوع الرامب	مستويات الخدمة 2018	مستويات الخدمة 2028
جبله	R1	A	A
	R2	A	A
	R3	A	A
	R4	A	A

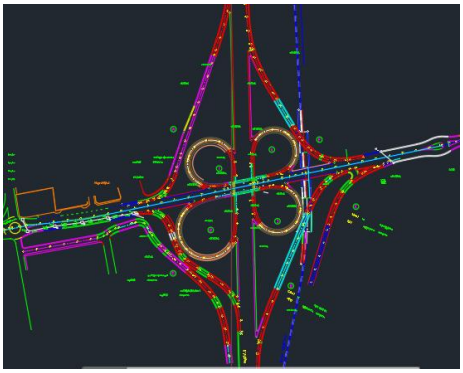
الجدول (4) نتائج التحليل العملياتي للرامبات المدروسة على عقدتي جبله والقرداحة

	نوع الرامب	مستويات الخدمة 2018	مستويات الخدمة 2028
القرداحة	R1	A	A
	R2	A	A
	R3	A	A
	R4	A	A

بالنسبة للواقع المروري لعقدة جبلة بالحساب كان مستوى الخدمة على كل من رامبات الدخول والخروج A وكذلك الامر بالنسبة لعقدة القرداحة كانت مستويات الخدمة A ولكن المشاكل والاختناقات المرورية في عقدة جبله كانت على الجسر ونقاط اتصاله بالرامبات، وتعد هذه النقطة هي المدخل الرئيس للمدينة والرابط بين ريف جبلة والمدينة، ولكن لم تتجاوز الكثافات الحد الذي يمكن أن يسبب المشاكل المرورية على كلا العقدتين، سيتم التقييم الهندسي لهذه العقدتين.

- **التقييم الهندسي لعقدة جبلة:**

تم استخدام المعايير الهندسية وفق اشتراطات AASHTO 2011 كما تم تفصيلها في الفصل الثاني من هذه الدراسة، ويوضح الشكل (7) التصميم الهندسي للعقدة وقامت الشركة العامة للدراسات فرع اللاذقية بدراسة العقدة:



الشكل (7) التصميم الهندسي لعقدة جبلة

- **تقييم أنصاف الأقطار الدنيا:**

الجدول (5) تقييم أنصاف أقطار رامبات عقدة جبلة

الرامب	نصف القطر الاصغريm	نصف القطر التصميمي m	نصف القطر المنفذm
R1	115	83	80
R2	115	93	90
R3	115	298.5	290
R4	115	73.5	70

- **مسافات التسارع والتباطؤ:**

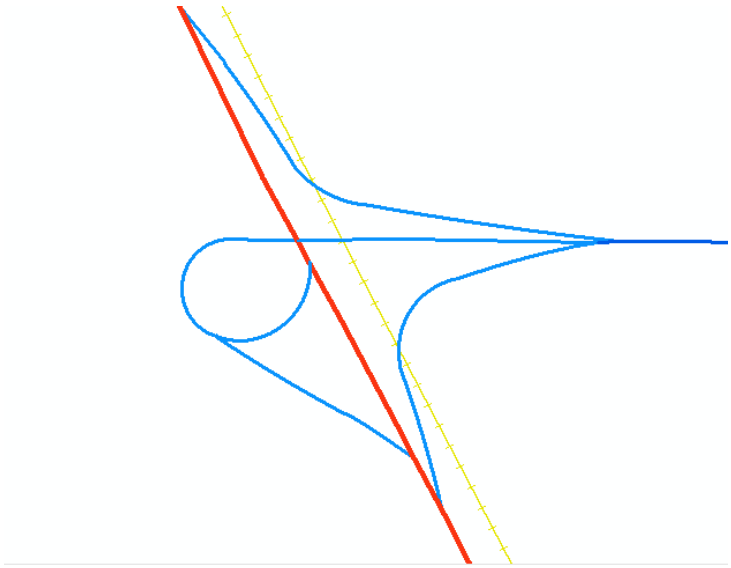
الجدول (6) تقييم مسافات التسارع والتباطؤ لرامبات عقدة جبلة

الرامب	مسافة التسارع الاصغرية m	مسافة التباطؤ الاصغرية m	مسافة التسارع التصميمية M	مسافة التباطؤ التصميمية m	مسافة التسارع المنفذة m	مسافة التباطؤ المنفذة m
R1	205	120		100		100
R2	205	120	103		103	
R3	205	120		51		50
R4	205	120	60		60	

وفقاً للتصميم المقترح حسب مسافات التسارع والتباطؤ لا يحقق أي رامب من الرامبات اشتراطات المداخل والمخارج، بينما أنصاف الأقطار كان الرامب R3 محقق للشروط فقط بالنسبة لنصف القطر، ويجب بهذه الحالة إعادة تأهيل المداخل والمخارج لتتناسب مع السرعة التصميمة للرامبات والطريق الحر المتصلة به.

- **التقييم الهندسي لعقدة القرداحة:**

يوضح الشكل (8) مخطط لمحور العقدة المنشأة باستخدام صورة جوية باستخدام gis:



الشكل (8) عقدة القرداحة باستخدام برنامج gis

- **تقييم أنصاف الأقطار:**

الجدول (7) تقييم أنصاف أقطار رامبات عقدة القرداحة

الرامب	نصف القطر الاصغري m	نصف القطر التصميمي m	نصف القطر المنفذm
R1	115	97.75	100
R2	115	72.75	70
R3	115	166.5	166
R4	115	69.75	70

- **مسافات التسارع والتباطؤ:**

الجدول (8) تقييم مسافات التسارع والتباطؤ لرامبات عقدة القرداحة

الرامب	مسافة التسارع الاصغرية m	مسافة التباطؤ الاصغرية m	مسافة التسارع التصميمية m	مسافة التباطؤ التصميمية m	مسافة التسارع المنفذة m	مسافة التباطؤ المنفذة m
R1	205	120	-	159.32	-	160
R2	205	120	-	120	-	120
R3	205	120	-	-	-	-
R4	205	120	286.5	-	286	-

وفقاً للتصميم المقترح حسب مسافات التسارع والتباطؤ محققة لشروط المداخل والمخارج، بينما أنصاف الأقطار كان الرامب R3 محقق للشروط فقط بالنسبة لنصف القطر، ويفضل إعادة تأهيل الرامبات وتعريضها في ذروة الاقواس لتخفيف من حدة المنعطفات.

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

1- التحليل المروري للعقد على الطريق الدولي M1 باعتباره طريقا حراً ولا يتصل به نقاط دخول سطحية، وتم عمليات القياس والعد للجريان المروري يدوياً وقياس السرعة بالاستعانة بعربة اختبارية.

2- تم تحليل عقدتي جبلة والقرداحة تحليلاً عملياتياً باستخدام HCS2000 وكانت مستويات الخدمة للحالة الانية وفقاً للغزارات المرورية المقاسة حقليا A، والسبب أن كثافة الحركة ضمن الحدود الدنيا وكذلك نسبة الغزارة الى السعة.

3- التحليل المستقبلي للعقدتين باعتبار معامل النمو المستقبلي 1.5 تقع ضمن المستوى A، وفي حال اعتبار الغزارة على الطريق الحر 2000 عربة/ساعة فإن مستويات الخدمة ستبقى ضمن الحدود الدنيا أي ضمن المستوى B.

4- بعد التحليل المروري لاحظنا أن المشاكل المرورية تكاد تكون معدومة والمشكلة الأساسية هي هندسية ويجب تحليل التصميم الهندسي فراغياً بالاعتماد على GIS وبأخذ معايير التصميم وفق الكود الأمريكي للطرق AASHTO.

5- التصميم المقترح حسب مسافات التسارع والتباطؤ لا يحقق أي رامب من الرامبات اشتراطات المداخل والمخارج، بينما أنصاف الأقطار كان الرامب R3 لعقدة جبلة محقق للشروط فقط بالنسبة لنصف القطر.

6- التصميم المقترح حسب مسافات التسارع والتباطؤ محققة لشروط المداخل والمخارج، بينما أنصاف الأقطار كان الرامب R3 محقق للشروط فقط بالنسبة لنصف القطر.

التوصيات:

1- زيادة الإجراءات المرورية المساعدة لتسهيل حالة الجريان المروري، وتزويد العقد بشاخصات مرورية.

2- معالجة الوضع التصميمي الهندسي للوصلات ومناطق الاتصال بين الرامبات والطرق المرتبطة بها.

3- إستخدام التحليل البصري الهندسي للرامبات والعقد الطرقية من أجل تحديد مناطق الاختناقات المرورية وكذلك تحديد العيوب الهندسية التصميمية كزيادة الميول.

4- تعد مناطق اتصال الريف بالمدن مناطق ذات طابع عشوائي مروري، وتزيد فيها الحركات المختلطة (شاحنات- سيارات- دراجات)، وبالتالي تزيد درجات الخطورة في هذه المناطق.

5- إستخدام الشاخصات المرورية التحضيرية في مناطق اتصال الطرق ومما لاحظناه أثناء العد والاحصاء خلو بعض المناطق منها.

References:

1- ATTILA, KOLLÁR, *Analysis of on- and off-ramp types on highways*, Rperiodica polytechnic, Budapest 58/1 (2014) 71–85.

2- Garber, G.J., and M.D. Fontaine. *Guidelines for Preliminary Selection of the Optimum Interchange Type for a Specific Location. Final Report*. Virginia Transportation Research Council. January 1999.

3- TRB Circular 430 – Interchange Operations on the Local Street Side: State of the Art. Transportation Research Board, Washington, D.C., 1994.

4- Messer, C.J., J.A. Bonneson, S.D. Anderson, and W.F. McFarland. *NCHRP Report 345: Single-Point Urban Interchange Design and Operations Analysis.* Transportation Research Board, Washington, D.C., 1991.

5- Copas, T.L., and H.A. Pennock. *NCHRP Synthesis 35: Design and Control of Freeway Off- Ramp Terminals.* Transportation Research Board, Washington, D.C., 1976.

6- *Roadway Design Manual.* Texas Department of Transportation, Austin, Texas, April 2002.

7- *Geometric Design Guide for Canadian Roads – Part 2.* Transportation Association of Canada, Ottawa, Canada, 1999.

8- Bonneson, J.A., and S. Lee. "A Technique for Comparing the Operation of Alternative Interchange Types." *Transportation Research Record 1802*. Transportation Research Board, Washington, D.C., 2002.

9- Leisch, J.P. "Operational Considerations for Systems of Interchanges." *Transportation Research Record 1385*. Transportation Research Board, Washington, D.C., 1993.

10- . *Highway Capacity Manual 2000.* 4th ed. Transportation Research Board, Washington, D.C.,2000.

11- Holzmann, F.D., and M.A. Marek. "Interchange Study and Selection Process." *Transportation Research Record 1385*. Transportation Research Board, Washington, D.C., 1993.

12- Bauer, K.M., and D.W. Harwood. *Statistical Models of Accidents on Interchange Ramps and Speed-Change Lanes.* FHWA-RD-97-106. Federal Highway Administration, Washington, D.C., 1998.