

الباب السابع

مشاريع السكك الحديدية

البحوث الاقتصادية

بسطنا في الباب الثالث أساس السكة من جسور وقطوع ونفق وكبارى وبيننا ما قد تحتاجه السكك من حيطان حاملة أو سائدة أو واقية . كل ذلك يساعد على تقدير ما يتكلفه الخط إذا ما اهتدينا إلى طريقه ولكن المسألة في بادئ الأمر ليست مسألة ما يتكلفه الخط ولا هي بالمسألة الهندسية البحتة بل هي مسألة اقتصادية أكثر منها هندسية يرجع الفصل فيها إلى تقدير الكسب الذي ينتجه الخط فيما بعد . وقبل أن نحدد مقدار الكسب يجب أن نبحث مسألة التكاليف الإنشائية للخط وكذلك نفقات الصيانة ونفقات التشغيل . ولا يمكننا تحديد ذلك إلا بمقارنة المشاريع المختلفة التي يمكن أن توصل بين البلدين وموازنتها من جميع النواحي للاهتمام إلى أنسبها أي أكثرها كسبا .

الاعتبارات الاقتصادية لاختيار الخط :

ربما يمتد المرء أن الخط كلما قلت نفقاته الإنشائية كان أكثر اقتصادا غير أن هذا الاعتقاد قد لا يكون صحيحا . ففي البلاد الجبلية تقل النفقات الإنشائية إذا لجأنا إلى استعمال المنحدرات عالية ومنحنيات حادة إذ بذلك يتأبط الخط الأرض على قدر الإمكان فيقل الحفر والردم وتقل أطوال النفق والكبارى . هذا فضلا عن أن القطوع تخترق طبقات أقل وهذه ميزة من الناحية الجيولوجية لا يستهان بها . ولكن المقاومات تزداد بازدياد الانحدار وصغر المنحنيات فتقل حمولة الخط وتزداد عدد القطارات مما يسبب زيادة في نفقات الجر . كذلك يزداد طول الخط وهذا يسبب زيادة في التكاليف الإنشائية .

وللتفضيل بين مشروعين يجب أن نبحث أمرين :

الأول : التكاليف الإنشائية .

الثاني : المصاريف .

وكلا الأمرين يحتاج إلى معرفة مقدار الحركة التي ينقلها الخط فإذا تبين أن الحركة المنتظرة ستكون كبيرة سمح للتكاليف الإنشائية بأن تكون كبيرة كذلك . وكلما كبرت هذه قلت تكاليف الجر لوحدة الحركة وكذا مصاريف التشغيل . وهذه حالة الخطوط الرئيسية .

أما إذا كانت الحركة محدودة فليس من الروية التوسع في التكاليف الإنشائية ولو كانت نتيجة ذلك

ازدياد مصاريف تشغيل الوحدة وهذه حالة الخطوط الفرعية^(١) والقاعدة التي يجب أن يضمها الباحث نمسب عينيه هي جعل ريع التكاليف الانشائية للوحدة مضافا إليها مصاريف التشغيل لتلك الوحدة أقل ما يمكن .
والمقصود بمصاريف التشغيل هي المبالغ التي تصرف في تسيير الخط من مهايا موظفين وأجور عمال وكذلك مصاريف جر القطارات التي تسيير عليه . أما المهايا والأجور فهذه يمكن تقديرها وأما مصاريف الجر فهذه تتأثر بعدة عوامل نوضحها فيما يلي .

مصاريف الجر :

تتأثر مصاريف الجر بالعوامل الآتية :

- أولا : بطول الخط .
 - ثانيا : بسرعة القطارات على الخط .
 - ثالثا : بالمقاومات على طول الخط .
- أما عن الطول فبديهي أنه كلما زاد الطول زادت تكاليف الجر عليه . وأما عن السرعة فإنها كلما ارتفعت ازدادت وحدات الشغل اللازمة لحفظ القطار عندها وبالتبعية تكاليف الجر . وأما عن المقاومات فإن زيادتها تزيد بطبيعة الحال من تكاليف الجر .
ويجمل بنا أن نذكر هنا السرعة التي تسيير عليها القطارات المختلفة وحدودها لنعرف مدى تأثيرها في نفقات الجر .

سرعة القطارات :

تختلف سرعة قطارات الركاب على الخطوط الرئيسية في العادة بين ٩٠ و ١٠٠ كيلو متر في الساعة . وهي تختلف في بعض الممالك بين ١٢٠ و ١٥٠ كيلو مترا وقد بلغت في الخط المسكهرب بين برلين وزيغن في أثناء الحرب العالمية الماضية ٢١٧ كيلو مترا .
وتختلف سرعة قطارات المواصلات بين ٦٠ و ٨٠ كيلو مترا في الساعة وهي تقرب من ستين .
أما قطارات البضائع فتتراوح سرعتها في العادة بين ٣٠ و ٣٥ كيلو مترا في الساعة . ويحسن أن لا تزيد السرعة عن هذا القدر إذ القطارات الثقيلة البطيئة أكثر اقتصادا من السريعة^(٢) .

(١) ولو أن تكاليف تشغيل الوحدة في حالة الخطوط الرئيسية قليلة إلا أنه لكبر عدد الوحدات فإن تكاليف التشغيل الاجالية تكون كبيرة وهذا يتمشى مع أهمية الخط . أما في حالة الخطوط الفرعية فإنه ولو أن تكاليف تشغيل الوحدة كبيرة إلا أن عدد الوحدات قليل والتكاليف الاجالية إذن قليلة .
(٢) قد يدعو الحال في بعض الأحيان إلى زيادة سرعة قطارات البضائع إلى نحو الخمسين كيلو مترا في الساعة وذلك لإخلاء الطولى من أجل حركة الركاب السريعة .

وتختلف السرعة على الخطوط الفرعية بين ٥٠ ٦ ٣٠ كيلو مترا في الساعة وهي متساوية لقطارات الركاب والبضائع .

وتتراوح السرعة في الخطوط الضيقة بين ٢٥ ٦ ٢٠ كيلو مترا في الساعة .

وحيث أن الحركة التي يهتم بها في تصميم الخطوط هي حركة البضائع لذا فإنه المفاضلة بين خطين تحصل المفاضلة من حيث قدرة كل منهما على نقل البضائع وذلك بالاتجاه إلى تعرف تكاليف الجر على كل منهما وبما أن سرعة قطارات البضائع واحدة تقريباً كما هو واضح من البيان السابق لذا فإن نفقات الجر تتوقف على الطول والمقاومات فقط .

الطول المكافئ

الطول المكافئ Virtual length هو الطول الأفقي المستقيم الذي تساوى نفقات الجر عليه نفقات الجر في الاتجاهين للخط الذي نبحثه .

إذا انتهى الأمر لدينا إلى مشروعين أو أكثر توصل بين بلدين وطلب منا أن نفاضلها من حيث نفقات الجر فإننا نستنتج الطول المكافئ لكل مشروع فما كان طوله المكافئ أطول كانت نفقات الجر عليه أكثر . ولحساب الطول المكافئ نفرض أن :

س = سعر وحدة الحركة (كيلو وات مثلا) .

ك = نفقات الجر على الخط الذي نبحثه .

ك م = نفقات الجر على الطول المكافئ .

ع = عدد القطارات على الخط الذي نبحثه .

ع م = عدد القطارات على الطول المكافئ .

ق = وزن القطار على الخط الذي نبحثه .

ق م = وزن القطار على الطول المكافئ .

ض = وزن القطارات بما فيها من بضائع في وحدة زمنية (اليوم مثلا) .

ل = طول الخط الذي نبحثه .

ل م = الطول المكافئ .

نفقات الجر على الخط الذي نبحثه في الوحدة الزمنية (اليوم مثلا) = ك

= عدد وحدات الحركة × سعر الوحدة

= (المقاومات × الطول) × عدد القطارات في اليوم × سعر الوحدة

= (و + ق) م . ل . ع . س (١)

حيث م = المقاومة النوعية على طول الخط بالكيلو جرام للطن .

$$= م س + \frac{\Sigma م \cdot \Delta ل}{ل} + \frac{\Sigma ح \cdot \Delta ل}{ل}$$

أى المقاومة المتوسطة على طول الخط .

ونفقات الجر على الطول المكافئ في نفس الوحدة الزمنية

$$= ك م = (و + ق م) م س \cdot ل م \cdot ع م \cdot س$$

ومن تعريف الطول المكافئ ينتج أن ك = ك م

$$\therefore (و + ق) م \cdot ل \cdot ع \cdot س = (و + ق م) م س \cdot ل م \cdot ع م \cdot س$$

$$\therefore \frac{(و + ق) م \cdot ل \cdot ع \cdot س}{ض} = \frac{(و + ق م) م س \cdot ل م \cdot ع م \cdot س}{ض}$$

$$\text{ولكن } ض = ق \cdot ع = ق م \cdot ع م$$

$$(٣) \quad \frac{(و + ق) م \cdot ل \cdot ع \cdot س}{ق \cdot ع} = \frac{(و + ق م) م س \cdot ل م \cdot ع م \cdot س}{ق م \cdot ع م}$$

ولكننا نعلم من نظريات الجر والتماثل أن

$$(و + ق) م = ١٠٠٠ \text{ و } ١$$

$$(و + ق م) م س = ١٠٠٠ \text{ و } ١$$

$$\therefore (و + ق) م = (و + ق م) م س$$

\therefore ينتج أن (٣) تصبح

$$\frac{ل م}{ق م} = \frac{ل}{ق}$$

$$\therefore ل م = ل \cdot \frac{ق م}{ق} \quad (٤) \quad \dots \dots \dots$$

وإذن فالطول المكافئ يتناسب مع طول الخط الذى نبخته ويربطه به معامل التكافؤ $\frac{ق م}{ق}$ وسنرمز

له بالرمز δ .

ويجب أن نلاحظ أن ق تساوى وزن القطار الذى يمكن أن يسير على خط مقاومته النوعية المتوسطة تساوى م ك ق م تساوى وزن القطار الذى يمكن أن يسير على خط أفق مستقيم مقاومته النوعية م س فقط .

$$ق = \frac{١٠٠٠ \text{ و } ١}{م} - \frac{١٠٠٠ \text{ و } ١}{م} = \frac{١٠٠٠ \text{ و } ١}{م} - \frac{١٠٠٠ \text{ و } ١}{م}$$

$$Q = \frac{\mu \cdot 1000}{M} - \frac{\mu \cdot 1000}{M_s} = \frac{\mu \cdot 1000}{M_s} - \frac{\mu \cdot 1000}{M}$$

$$\text{فإذا جعلنا } \frac{Q}{\mu} = H \text{ أى } H = \frac{Q}{\mu}$$

$$\text{فإن معامل التكافؤ } Q = \frac{Q}{\mu}$$

$$\frac{H - \frac{\mu \cdot 1000}{M_s}}{\frac{\mu \cdot 1000}{M} - H} = \frac{H - \frac{\mu \cdot 1000}{M_s}}{\frac{\mu \cdot 1000}{M} - H} =$$

وحيث أن H كمية صغيرة بالنسبة للحد الذي تطرح منه . وحيث أن بطرحها من البسط والمقام لا يتأثر معامل التكافؤ تأثيراً يذكر فكثيراً ما تهمل وإذن يصبح معامل التكافؤ

$$\frac{M}{M_s} = S$$

المقاومة النوعية M :

$$\text{قلنا إن المقاومة النوعية } M = M_s + \frac{L \cdot \Delta \cdot M}{L} + \frac{L \cdot \Delta \cdot M_s}{L} \text{ كيلو جراما للطن}$$

M_s عبارة عن مقاومة السير وهي ثابتة على طول الخط وتتساوى في الذهاب والإياب .

M عبارة عن مقاومة الانحناء وهي تؤثر في المنحنيات فقط وتتساوى في الذهاب والإياب وتختلف قيمتها باختلاف نصف القطر .

M عبارة عن مقاومة الانحدار وتؤثر في المواقع التي بها انحدار فقط ولها في الذهاب تأثير وفي الإياب تأثير آخر وذلك نظراً إلى أن الانحدار لأعلى في الذهاب يصبح لأسفل في الإياب وهكذا . أما الانحدار لأعلى فإنه يزيد من المقاومة التي تعترض سير القطار إذ يحتاج الأمر إلى رفع القطار بأكمله من منسوب إلى منسوب أعلا منه وأما الانحدار لأسفل فإنه يساعد القاطرة في السير وله حالتان :

أولاً : حالة تقل فيها مقاومة الانحدار عن المقاومتين الأخريين .

$$M \geq M_s \text{ في الأجزاء المستقيمة}$$

$$M \geq M_s + M \text{ » » المنحنية}$$

وهنا تقوم القاطرة ببذل قوة للتغلب على الفرق بين المقاومات .

ثانياً : حالة تزيد فيها مقاومة الانحدار عن المقاومتين الآخرين .

$$\begin{aligned} & \text{م} \leq \text{م} \quad \text{في الأجزاء المستقيمة} \\ & \text{أ} \quad \text{م} \leq \text{م} + \text{م} \quad \text{» » المنحنية} \end{aligned}$$

وفي هذه الحالة يقلل البخار عن اسطوانات القاطرة إذ الانحدار يتغلب على المقاومات الأخرى ويزيد ولكن هذه الزيادة تكسب القطار عجلة ازدياد يترتب عليها زيادة السرعة . وحيث أن السرعة لا يجب أن تزيد بل يجب أن تظل ثابتة على الخط فن أجل ذلك تربط الفرامل بالقدر الذي يتغلب على مقدار الزيادة فقط . ومعنى ذلك أنه إذا قلت مقاومة الانحدار إلى أسفل عن المقاومات الأخرى بذلت القاطرة جهداً للتغلب على فرق المقاومات وإذا زادت مقاومة الانحدار عن المقاومات الأخرى قفل البخار عن الأسطوانات وربطت الفرامل بالقدر الذي يحفظ السرعة ثابتة .

وعلى ذلك ففي الانحدارات الهابطة تحسب م ح بقيمتها إذا قلت عن المقاومات المضادة ومساوية لهذه المقاومات إذا زادت على مجموعهم .

وبهذه الطريقة تحسب المقاومات في أجزاء الخط جميعها وبجمعها تستنتج المقاومة النوعية .

$$\text{م} = \text{م} + \frac{\text{م} \cdot \Delta \cdot \text{ل}}{\text{ل}} + \frac{\text{م} \cdot \Delta \cdot \text{ل}}{\text{ل}} \quad \text{كيلو جراماً للطن .}$$

تقرير الكسب الذي ينتج الخط :

ذكرنا قبلاً أن مسألة تقرير إقامة خط حديدي بين بلد وآخر ليست بالمسألة الهندسية البحتة بل هي مسألة اقتصادية أكثر منها هندسية يرجع الفصل فيها إلى تقدير الكسب الذي ينتجه الخط فيما بعد . ولتقدير ذلك الكسب يجب أن تجرى أربعة بحوث .

البحث الأول : تقدير الحركة المنتظرة

لا يمكن تقدير الحركة المنتظرة إلا على وجه التقريب فقط وذلك بتقدير حركة الركاب وحركة البضائع ولا يجب أن نكون مغالين في تقديرنا وإلا كانت الأرقام الناتجة بعيدة عن الواقع .

حركة الركاب :

تقدر حركة الركاب ببحث ما يأتي :

(١) عدد سكان المنطقة التي يجوبها الخط .

(٢) عدد سكان المدينتين النهايتين .

(٣) نشاط سكان المنطقة^(١) .

(١) النشاط إما أن يكون صناعياً أو زراعياً فإن كان صناعياً كانت الحركة كبيرة إذ يستلزم الأمر انتقال العمال والصناع يومياً من المصانع وإليها .

بعد ذلك يقارن الخط بخطوط أخرى مماثلة له وذلك يبحث إحصائياتها للوصول إلى الرقم الذي يصح أن يتخذ في التقدير وهذا الرقم يقدر بالكيلو متر نفس في العام .

حركة البضائع :

تقدر حركة البضائع بمقارنة الخط بالخطوط الأخرى المماثلة له والتي تجوب مناطق شديدة من حيث نشاطها الاقتصادي . وتقدر حركة البضائع بالكيلو متر طن في العام .
ويجب عدم إغفال ما قد يصيب المدن والمنطقة من تطور وخصوصاً إذا كان الخط يصل بين ميناء وداخلية البلاد فإن الموانئ أكثر البلاد قابلية للتوسع .

البحث الثاني : الدخل أو الإيراد

بعد تقدير مقدار الحركة بالكيلو متر نفس للركاب وبالكيلو متر طن للبضائع وذلك في العام تضرب هذه الأرقام في الأجر عن الكيلو متر للحصول على الدخل .

والأجر عن الكيلو متر أكبر في الخطوط القصيرة منه في الخطوط الطويلة وذلك لأن مصاريف التشغيل للكيلو متر في الأولى أكبر منها في الثانية . وهذه المصاريف عبارة عن مصاريف الجر للكيلو متر الواحد مضاف إليها مصاريف تشغيل المحطات للكيلو متر الواحد أيضاً وكذلك مصاريف صيانة الكيلو متر . فإذا كان الخطان الطويل والقصير من مرتبة واحدة كانت مصاريف الجر واحدة وكذا مصاريف الصيانة ولكن مصاريف تشغيل المحطات أكبر في حالة الخطوط القصيرة وذلك لزيادة عدد المحطات في الكيلو متر .

وتسير السكك الحديدية المختلفة على قاعدة جعل الأجر عن الكيلو متر في المسافات القصيرة عالياً وتقلله للمسافات الطويلة . وفيما يلي الأجر عن الكيلو متر نفس في السكك الحديدية المصرية .

الدرجة	عند ١٠٠ كيلو متر	عند ١٠٠٠ كيلو متر
أولى	٥ ملليم	٤٠٢٥ ر ملليم
ثانية	٢٥ »	١٩٤٥ »
ثالثة	١٢٥ »	٠٩٧٠ »

وتتوقف أجور البضائع على نوعها ويمكن معرفة ذلك بالرجوع إلى النشرات التي تصدرها السكك الحديدية المختلفة . وعلى العموم فإن أجور البضائع عن الطن كيلو متر أرخص في حالة البضائع الرخيصة ذات الكميات الكبيرة وأغلا في حالة البضائع الثمينة التي ترسل بكميات قليلة .

البحث الثالث : المصروفات

تشكون المصروفات مما يأتى :

(١) مصاريف التشغيل وهذه تشمل أجور الموظفين والعمال اللازمين لتسيير الخط .

(٢) مصاريف الصيانة .

(٣) تكاليف الجسر .

ويمكن تقدير هذه المصاريف بمقارنة الخط بالخطوط المشابهة له وذلك بالرجوع إلى إحصائياتها .

البحث الرابع : الربيع

إذا استزلنا المصروفات من الدخل كان الباقي هو الربيع ولكى يكون الخط ذا قيمة مادية يجب أن يغطى ريعه ربح رأسماله ويعطى زيادة تدفع كأقساط تستغل من رأس المال .

فمثلا إذا قدر الربيع فى العام بمبلغ ٥٠٠٠٠ جنيه

وكان ربح رأس المال = ٤٪

فإذا قدرنا أن رأس المال سيدفع فى مدة خمسين عاما أو ما يعادل ٢٪ سنويا كان الربيع يعادل ٦٪ من رأس المال .

وإذن يكون رأس المال الذى يصح أن يصرف على الخط = $50000 \div 6\%$

= ٨٣٥٠٠٠ جنيه

وبمعرفة مقدار ما يتكلفه الكيلو متر فى المتوسط يمكننا تحديد تكاليف الخط وبالتالى المدة التى يتسنى

سداد رأس المال خلالها . فإن كان الخط يتكلف مليون جنيه مثلا كان $\frac{100 \times 50000}{1000000} = 5\%$ فى

السنة هو ما يغطى ربح رأس المال والقسط وحيث أن سعر الربح ٤٪ فيكون القسط فى العام يساوى ١٪ من رأس المال أى يدفع رأس المال فى مائة سنة .

ويتكلف الكيلو متر من الخط فى مصر نحو الأربعة آلاف جنيه ويبلغ خمسة أمثال هذا القدر فى سويسره وذلك فى المتوسط .

المنفعة العامة :

قد تتطلب المنفعة العامة بناء خط إلى جهة ما لأغراض سياسية أو حربية وفى هذه الحالة لا يكون للبحوث السابقة أى وزن فى تقرير إقامة الخط . ومن العوامل السياسية ربط حدود البلاد بداخلتها وإلا انزلت عنها مما يعطى الفرصة للبلاد المجاور أن تنشط الحركة بينها وبين تلك الحدود فتزيد الألفة ومختلف الروابط وفى هذا من الخطر مالا يمكن إغفاله .

وأما الخطوط الحربية فهى تقام لأغراض الدفاع عن البلاد وهى موجودة فى البلاد الأوروبية جميعها ومنها فى مصر خط الصحراء الغربية .