

การตัดสินใจขยายการลงทุนของผู้บริการเครือข่ายอุปกรณ์เคลื่อนที่เจ้าของโครงข่าย
ในอุตสาหกรรมโทรคมนาคมโดยใช้เครื่องมือ Real Options Analysis
Real Options Analysis for Valuing Strategic Investments and Decisions of the Mobile Network
Operator's Investment in E-UMTS

วิเชียร เปรมชัยสวัสดิ์¹ และ สันติ พัฒนะวิชัย²

บัณฑิตวิทยาลัยสาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสยาม

38 ถ.เพชรเกษม แขวงบางหว้า เขตภาษีเจริญ กรุงเทพฯ 10160

wichian@siam.edu¹, soa_hero@yahoo.com²

บทคัดย่อ

บทความนี้ได้นำเสนอวิธีการวิเคราะห์การลงทุนด้วยเครื่องมือ Real Options โดยใช้เทคนิคการประเมินค่าตัวเลือกในการตัดสินใจสำหรับการลงทุนในระบบโทรคมนาคม (Enhanced 3G - UMTS) อีกทั้งยังได้นำเสนอโมเดลราคา (Pricing Model) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องสำหรับการวิเคราะห์การลงทุนของเจ้าของโครงข่าย (MNO) และผู้บริการเครือข่ายอุปกรณ์เคลื่อนที่เสมือนจริง (MVNO) และนำผลลัพธ์จากโมเดลไปใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ Real Options งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการศึกษากำหนดราคาที่เหมาะสมของการลงทุนทั้ง MNO และ MVNO ในระบบ Enhanced 3G- UMTS การหาความสัมพันธ์ของค่าใช้จ่ายและรายได้ในการลงทุนรวมถึงการคำนวณมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นถึงปัจจัยต่างๆ อาทิเช่น จำนวนของลูกค้าของ MVNO และค่าใช้จ่ายของ MVNO ที่จ่ายให้กับ MNO จำนวนลูกค้าของ MNO และรายได้

เฉลี่ยต่อผู้ใช้บริการ (Average Revenue Per User ARPU) ซึ่งมีผลกระทบต่อการลงทุนของ MNO

คำสำคัญ : Mobile Network Operator (MNO), Mobile Virtual Network Operator (MVNO), Enhanced UMTS network, Financial Options, Real Options, Sensitivity Analysis

Abstract

In this paper, we apply real option valuation method to capital investment decisions in Enhanced-Universal Mobile Telecommunication System (E-UMTS) networks. We investigate and conceptualize the relationship among MNO, MVNOs, and other related variables in the proposed pricing model. We study the problems of optimal nonlinear pricing policy designed for Mobile Network Operator (MNO) and Mobile Virtual Network Operators (MVNOs)'s investment in E-UMTS networks. The analysis of the results

obtained from the pricing model is utilized in the Real Option analysis process. This research attempts to provide an investment strategy to determine the appropriate investment price for MNO and MVNO in Enhanced 3G- UMTS business, by which the relationships among revenue, capital costs and the Net Present Value (NPV) are analyzed. The analysis results suggest that there are substantial effects on the MNO's investment, namely the number of MVNO's customers, the MVNO's access charge to MNO, including the number of MNO's customers and the Average Revenue Per User (ARPU) of the customers.

Keywords: Mobile Network Operator (MNO), Mobile Virtual Network Operator (MVNO), Enhanced UMTS network, Financial Options, Real Options, Sensitivity Analysis

1. บทนำ

International Telecommunication Union (ITU) ได้กำหนดมาตรฐานสำหรับระบบ 3G โดยอ้างอิงถึงมาตรฐาน International Mobile Telecommunications 2000 (IMT-2000) [1] มีการกำหนดมาตรฐานสำหรับ “Third Generation Partner Project” (3GPP) ได้มีการพัฒนาข้อกำหนดทางเทคนิคการจัดการบริหารคลื่นความถี่ ซึ่ง 3GPP จะถูกนำไปใช้เป็นมาตรฐานในระดับภูมิภาคหรือระดับชาติต่อไป Universal Mobile Telecommunication System (UMTS) เป็น

เทคโนโลยีการสื่อสารโทรคมนาคมของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในระบบ 3G และยังเป็นระบบพื้นฐานให้พัฒนาต่อไปเป็นระบบ 4G อีกด้วย [2]. E-UMTS เป็นระบบ 3.5G ที่สนับสนุนการให้บริการโทรศัพท์เคลื่อนที่ความเร็วสูงและช่วยรับประกันแนวคิดเรื่อง Always Best Connected (ABC) [3, 4] และเป็นระบบที่ใช้รูปแบบ All-IP ของเครือข่ายที่สนับสนุนเรื่องการเพิ่มเติมและปรับเปลี่ยนเครือข่าย UMTS ได้ [5] โดยอ้างอิงถึงการพัฒนา ระบบ IMT-Advanced หรือระบบ 4G ด้วย [6] วัตถุประสงค์หลักของสถาปัตยกรรมเครือข่าย E-UMTS คือสนับสนุนผู้ประกอบการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่เสมือน (MVNO) ในด้านความต้องการในการใช้งาน ความยืดหยุ่นในการใช้งาน ด้านความเร็วและประสิทธิภาพ สามารถลดค่าใช้จ่ายในการลงทุน และโครงสร้างพื้นฐานของระบบ Enhanced 3G ของผู้ประกอบการเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MNO) MVNO บริหารจัดการระบบโดยไม่มีใบอนุญาตโทรศัพท์เคลื่อนที่ของตัวเองรวมถึงไม่มีโครงสร้างพื้นฐานอุปกรณ์เคลื่อนที่ของตัวเองด้วย MVNO จำเป็นต้องทำสัญญาเช่าคลื่นความถี่และโครงสร้างพื้นฐานการให้บริการจากผู้ให้บริการหลัก (MNO) MVNO จึงต้องขอใบอนุญาตการเป็นผู้ประกอบการเครือข่ายอุปกรณ์เคลื่อนที่ภายในประเทศโดยเริ่มจากการขอใบอนุญาตคลื่นความถี่วิทยุจากผู้ประกอบการหรือรัฐบาล [7,8] สถาปัตยกรรมเครือข่าย E-UMTS เน้นเรื่องการกระจายบริการเพื่อตอบสนองการให้บริการจัดการโดเมนของ MVNO และ MNO [9, 10] เนื่องจากมีผู้ประกอบการจำนวนมากมีความสนใจที่จะเข้าเข้าสู่การเป็นผู้ประกอบการอุปกรณ์เคลื่อนที่ แต่ยังไม่

ใบอนุญาตในระบบ 3G และค่าธรรมเนียมใบอนุญาต เป็นปัจจัยหลักสำหรับการลงทุนของผู้ประกอบการ [11] การลงทุนของ MVNO คำนึงถึงการลดต้นทุนของการขยายโครงสร้างพื้นฐานของเครือข่ายรายได้หลักของ MVNO มาจากการกำหนดอัตราค่าใช้บริการเฉลี่ยต่อผู้ใช้บริการ (Average Revenue Per User, ARPU) [11, 12]

ในส่วนที่ 2 อธิบายทฤษฎีเกี่ยวกับ Financial และ Real Options ส่วนที่ 3 นำเสนอแบบจำลองการกำหนดราคา (Pricing Model) สำหรับการลงทุนที่มีความยืดหยุ่นและแนวทางการตัดสินใจสำหรับการกำหนดราคาในการลงทุนของ MNO ส่วนที่ 4 นำเสนอหลักการและตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการลงทุนของ MNO และนำทฤษฎี Real Option ไปประยุกต์ใช้กับการคำนวณเรื่องการลงทุนของ MNO บทสุดท้ายแสดงผลสรุปและอภิปรายผล

2. ทฤษฎี และหลักการที่เกี่ยวข้อง

วิธีการ Real Options ถูกนำไปใช้เป็นเครื่องมือเพื่อช่วยในการให้ข้อมูลสำหรับประกอบการตัดสินใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการตัดสินใจลงทุนวิธีการที่สำคัญของ Real Options คือการวิเคราะห์กระแสเงินสดคิดลด (Traditional Discounted Cash Flow Analysis) ซึ่งจะนำมาใช้ในการคำนวณหาค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) กระแสเงินสดในอนาคตของรายได้ (S_0) ซึ่งใช้ค่าถ่วงน้ำหนักของค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของเงินทุน i (WACC) ในการคำนวณค่ากระแสเงินสดในอนาคตของค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Investment Cost, K) ระยะเวลาโครงการโดยเฉลี่ยถูกกำหนดในช่วงระยะเวลาดำเนินการ 5 ปี ค่าใช้จ่ายการลงทุนเริ่มต้น

ถูกกำหนดมูลค่าเท่ากับ K_0 ตัวแปรต่างๆ รวมถึงค่า NPV ของ MNO และ MVNO สามารถแสดงได้ดังสมการดังต่อไปนี้

$$(S_0)_{MNO} = \sum_{t=1}^T \frac{FCF_t}{(1+WACC)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{\left((p_{MNO} q_{MNO} + \alpha \sum_{i=1}^n q_{MVNO}) - OC_{MNO} \right)_t}{(1+WACC)^t} \quad (1)$$

$$(S_0)_{MVNO} = \sum_{t=1}^T \frac{FCF_t}{(1+WACC)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{(p_{MVNO} q_{MVNO} - OC_{MVNO})_t}{(1+WACC)^t} \quad (2)$$

$$K = \sum_{t=1}^T \frac{K_0}{(1+r_f)^t} \quad (3)$$

$$(NPV)_{MNO} = \sum_{t=1}^T \frac{\left((p_{MNO} q_{MNO} + \alpha \sum_{i=1}^n q_{MVNO}) - OC_{MNO} \right)_t}{(1+WACC)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{K_0}{(1+r_f)^t} \quad (4)$$

$$(NPV)_{MVNO} = \sum_{t=1}^T \frac{(p_{MVNO} q_{MVNO} - OC_{MVNO})_t}{(1+WACC)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{K_0}{(1+r_f)^t} \quad (5)$$

ค่า FCF_t คือกระแสเงินสดที่คาดการณ์ ณ สิ้นเวลาที่ t และ i คืออัตราคิดลดต่องวด (ในการศึกษานี้ สมมติอัตราคิดลดต่องวดคงที่ในตลอดช่วงระยะเวลาดำเนินการ) การวิเคราะห์กระแสเงินสดคิดลดเป็นการตัดสินใจในการลงทุนแบบคงที่ [13, 14]

2.1 วิธีการ Real Options

วิธีการ Real Options มีความเหมาะสมที่จะใช้ใช้สำหรับวิเคราะห์การลงทุน เหมาะสมกับรูปแบบการลงทุนที่มีตัวแปรหรือปัจจัยต่างๆ มีความไม่แน่นอน และมีความยืดหยุ่นได้หลักการของ Real Options ถูกนำเสนอโดย Johnathan Mun [15] การวิเคราะห์ Real

Options รวมถึงองค์ประกอบย่อยต่างๆ ซึ่งแสดงวิธีการ และหลักการคำนวณดังนี้

2.1.1 The Black-Scholes model

Black - Scholes [16] ใช้ในการคำนวณหา ค่าผลลัพธ์โดยประมาณ Black - Scholes อาจไม่ได้ เป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับนำมาเพื่อคำนวณค่า ผลลัพธ์ที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียวซึ่งโดยปกติวิธีการนี้จะมี ประโยชน์ในการประมาณค่าผลลัพธ์ขั้นต้นเท่านั้น

Black - Scholes มีวิธีการคำนวณค่า ทางเลือกได้ 2 รูปแบบ ได้แก่ American Call Option และ European Call Option ซึ่ง American Call Option จะพิจารณาดำเนินการตลอดระยะเวลา โครงการจนกระทั่งจบโครงการ ส่วน European Call Option จะสามารถดำเนินการได้ ณ วันที่เสร็จสิ้น โครงการเท่านั้น ค่าผลลัพธ์การดำเนินการ (Call) แสดง ได้ดังนี้

$$Call = S_0 \Phi(d_1) - K e^{-r_f(T)} \Phi(d_2) \quad (6)$$

$$เมื่อ d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{X}\right) + \left(r_f + \frac{1}{2}\sigma^2\right)(T)}{\sigma\sqrt{T}} \quad (7)$$

$$และ d_2 = d_1 - \sigma\sqrt{T} \quad (8)$$

S_0 คือมูลค่าของสินทรัพย์ในปัจจุบัน K คือ ค่าใช้จ่ายในการลงทุน T คือระยะเวลาเวลาโครงการ R_f คืออัตราผลตอบแทนในการลงทุนในหลักทรัพย์ที่มีความเสี่ยงต่ำสุด σ คือความผันผวน/แปรปรวน (Volatility Rate) ค่าความน่าจะเป็นของผลลัพธ์อยู่ใน รูปแบบตัวแปร Black - Scholes ดังนั้นถ้ามีความไม่แน่นอนเกิดขึ้นและค่าความผันผวนไม่เท่ากับศูนย์ ผลลัพธ์จะแสดงในรูปแบบร้อยละ(%) ซึ่งเป็นค่าการ

พยากรณ์ ค่าความน่าจะเป็นถูกกำหนดที่ $\Phi(d) = 100\%$ ค่า NPV, Option และ eNPV สามารถคำนวณ ได้ตามสมการดังนี้

$$NPV = Free Cash Flow - Investment Cost$$

$$Option = Revenue \Phi(d_1) - Investment Cost \Phi(d_2) \quad (9)$$

$$eNPV = NPV + Options Value \quad (10)$$

2.1.2 Monte Carlo Simulation

วิธีการ Monte Carlo มีความเหมาะสมที่จะ นำมาหาค่าผลลัพธ์แบบสุ่ม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นค่า ป้อนเข้า (Input) โดยส่วนใหญ่จะนำวิธีการนี้มาใช้ในการ จำลองระบบทางกายภาพและทางคณิตศาสตร์ Monte Carlo ถูกนำมาใช้เป็นกระบวนการหนึ่งใน Real Options ซึ่งมีการจำลอง Monte Carlo ใน หลากหลายวิธีการและนำผลลัพธ์จากแบบจำลอง Monte Carlo ไปใช้เป็นผลลัพธ์ตั้งต้นในการวิเคราะห์ Real Options [15] ค่าความผันผวน (Volatility Rate) สำหรับ Monte Carlo สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$Volatility = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (11)$$

X_i คือค่าลอการิทึมของ FCF_i และ \bar{X} คือค่าเฉลี่ย ของ X_i

2.1.3 โมเดล Binomial Lattices

Binomial Lattices ให้เป็นวิธีการเชิงตัวเลข สำหรับการประเมินค่าผลลัพธ์ซึ่งเป็นค่าความน่าจะเป็น ที่มีค่าอยู่ระหว่างค่า Up Factor และ Down Factor โมเดล Binomial Lattices จะนำมาใช้ในการ แก้ไขปัญหาในการตัดสินใจว่าจะเลือกใช้ค่า Up Factor หรือ Down Factor สำหรับวิเคราะห์การลงทุน ซึ่งวิธีการนี้จะแนะนำค่าที่เป็นกลางระหว่าง 2 ค่านั้นๆ

[15] ค่า Call ของ Binomial Lattices แสดงดังสมการดังต่อไปนี้

$$C_{call} = S e^{-q(T)} \Phi \left[\frac{\ln(S/K) + (r_f - q + \frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}} \right] - K e^{-r_f(T)} \Phi \left[\frac{\ln(S/K) + (r_f - q - \frac{\sigma^2}{2})T}{\sigma\sqrt{T}} \right] \quad (12)$$

เมื่อ S_0 คือมูลค่าของสินทรัพย์ในปัจจุบัน K คือค่าใช้จ่ายในการลงทุน T คือระยะเวลาเวลาโครงการ r_f คืออัตราผลตอบแทนในการลงทุนในหลักทรัพย์ที่มีความเสี่ยงต่ำสุด σ คือความผันผวน (Volatility Rate) q คือค่าเงินผลตอบแทนในรูปแบบร้อยละ (%) จากนั้นคำนวณค่า Up Factor (u) และ Down Factor (d) และค่าความน่าจะเป็น (p) ระหว่าง Up Factor และ Down Factor ค่า p , u และ d ถูกนำเสนอโดย [15] และสามารถคำนวณได้ตามสมการดังนี้

$$p = \frac{a-d}{u-d} = \frac{e^{(r_f-b)(\delta t)} - d}{u-d} \quad (13)$$

$$u = e^{\sigma\sqrt{\delta t}} \quad (14)$$

$$d = e^{-\sigma\sqrt{\delta t}} = \frac{1}{u} \quad (15)$$

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความหมายของตัวแปรที่ใช้ใน Financial Options และ Real Options

Financial Options	ตัวแปร	Real Options
ค่าใช้จ่ายที่จำเป็นในการซื้อสินทรัพย์	K	ราคาที่กำหนด ในการลงทุน
มูลค่าปัจจุบันของสินทรัพย์	S_0	ราคาการใช้สิทธิและมูลค่าปัจจุบันของสินทรัพย์
ช่วงเวลาที่กำหนดจนถึงเวลาหมดอายุ	T	ช่วงเวลาที่กำหนดจนถึงเวลาหมดอายุ
ความเสี่ยงของสินทรัพย์ที่อ้างอิง	σ^2	ความแปรปรวนของผลตอบแทน
ค่าเวลาของเงิน	r_f	อัตราความเสี่ยง

2.2 Real Options ในอุตสาหกรรมการสื่อสารโทรคมนาคม

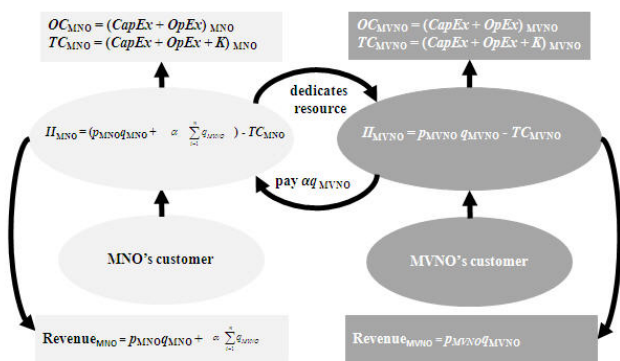
Herbst และ Walz นำการวิเคราะห์ Real Options มาใช้ในการตัดสินใจยกเลิกการลงทุนของโครงการ (abandon) สำหรับการวิเคราะห์เรื่องของการประมูลใบอนุญาต E - UMTS ในกรณีศึกษาอุตสาหกรรมการสื่อสารโทรคมนาคมในประเทศเยอรมนี [17] Fotios และ Venkata ใช้ Real Options ในการประมาณการลงทุนภายใต้ความไม่แน่นอนของบริษัทโทรคมนาคม โดยนำเสนอกรณีศึกษา 2 กรณี (1) ทางเลือกที่จะขยายการลงทุน (option to expand) จากระบบ 2.5G ไปสู่ระบบ 3G (2) ทางเลือกที่จะขยายการลงทุนของเครือข่าย Wi - Fi [18]

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบความหมายของตัวแปรที่ใช้ใน Financial Options และ Real Options ตัวแปรเหล่านี้จะถูกนำไปคำนวณตามสมการที่ยกตัวอย่างในหัวข้อ 2.1 [19] [20]

การวิเคราะห์ Real Options สำหรับกรณีศึกษาของงานวิจัยนี้ จะเลือกใช้ Option to Expand สำหรับการวิเคราะห์การลงทุน เนื่องจากผู้ให้บริการเครือข่ายอุปกรณ์เคลื่อนที่เจ้าของโครงข่าย (MNO) มีการลงทุนสูงสำหรับเรื่องใบอนุญาตในการให้บริการเครือข่าย Enhanced 3Gและการดำเนินการเป็นการลงทุนในแบบระยะยาว Option to Expandยังเหมาะสมที่จะนำไปใช้วิเคราะห์การขยายหรือเพิ่มการลงทุนในตลาดสำหรับผู้บริการเครือข่ายอุปกรณ์เคลื่อนที่เสมือนจริง (MVNO) อีกด้วย [19]

3. โมเดลราคา (Pricing Model) สำหรับผู้บริการเครือข่ายอุปกรณ์เคลื่อนที่เจ้าของโครงข่าย MNO

ในส่วนนี้ นำเสนอโมเดลราคา (Pricing Model) สำหรับผู้บริการเครือข่ายอุปกรณ์เคลื่อนที่เจ้าของโครงข่าย (MNO) ในระบบ E - UMTS ซึ่งโมเดลที่นำเสนอจะถูกกำหนดให้ครอบคลุมในมุมมองทางเศรษฐกิจเท่านั้น โมเดลนี้ได้รวบรวมปัจจัยในการลงทุนต่างๆ จาก MNO และ MVNO ผลลัพธ์ที่ได้จากโมเดลที่นำเสนอจะถูกนำไปใช้ในการวิเคราะห์ Real Options ต่อไป รายละเอียดแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โมเดลราคา (Pricing Model) สำหรับ MNO และ MVNO

โครงสร้างต้นทุนของตัวแปร MNO (VC_{MNO}) เป็นต้นทุนผันแปรรวมของ MNO ค่าใช้จ่าย (Operational Expenditure, OpEx) ของ MNO ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายสำหรับการให้บริการลูกค้าและการเรียกเก็บเงินจากลูกค้า (Customer Care and Billing Cost, CCBC) CCBC เป็นองค์ประกอบหลักของต้นทุนผันแปร (ต่อลูกค้า) ของ MNO ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่อ (Interconnect Costs, IC) ค่าใช้จ่ายในการหาลูกค้าใหม่ (Customer Acquisition Costs, CAC) และค่าใช้จ่ายการรักษาฐานลูกค้าเดิม (Customer Retention Costs, CRC)

$$VC_{MNO} = IC + CAC + CRC$$

$$CCBC_{MNO} = \{(VC_{MNO} * q_{MNO}) + IC * \sum_{i=1}^n q_{MVNO_i}\} \quad (17)$$

$$OC_{MNO} = CapEx + OpEx \quad (18)$$

$$TC_{MNO} = CapEx + OpEx + Investment Costs (K) \quad (19)$$

$$FCF_{MNO} = (p_{MNO} q_{MNO} + \alpha \sum_{i=1}^n q_{MVNO}) - OC_{MNO} \quad (20)$$

ตัวอย่างการคำนวณในงานวิจัยนี้ กำหนดให้มีจำนวน MNO เท่ากับ 1 และจำนวน MVNO เท่ากับ n จำนวน [8], [9] ผลกำไรของ MNO แสดงดังสมการดังนี้

$$NPV_{MNO} = Profit_{MNO} = \Pi_{MNO}$$

$$\Pi_{MNO} = (p_{MNO} q_{MNO} + \alpha \sum_{i=1}^n q_{MVNO}) - TC_{MNO} \quad (21)$$

ค่า αq_{MVNO} คือค่าใช้จ่าย (Access Charges) ที่ต้องจ่ายให้กับ MNO ค่า Π (Profit) คือผลกำไรค่า ARPU (Average Revenue Per User) คือรายได้เฉลี่ยต่อผู้ใช้ค่า q คือจำนวนลูกค้าและค่า TC (Total Cost) คือค่าใช้จ่ายรวม

4. การวิเคราะห์การลงทุนของ MNO โดยใช้ Real Options

วิธีการวิเคราะห์แบบ Financial Option และ Real Optionถูกนำไปใช้เป็นเครื่องมือสำหรับให้ข้อมูลประกอบการตัดสินใจลงทุน คำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และใช้สำหรับวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกัน

ในกรณีศึกษา¹ ผู้บริการเครือข่ายอุปกรณ์เคลื่อนที่เจ้าของโครงข่าย (MNO) มีใบอนุญาตในการจัดการคลื่นความถี่เทคโนโลยี 3G UMTS และมีสิทธิ์ในการให้บริการในธุรกิจ 3G ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (CapEx) ของ MNO เป็นค่าใช้จ่ายในระบบโครงสร้างพื้นฐาน ประกอบด้วยการก่อสร้างเสาสัญญาณ Node B (Cell Site) การก่อสร้างศูนย์ควบคุมคลื่นความถี่วิทยุ (RNC) ศูนย์บริการหลักของเครือข่ายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (MSC) และค่าใช้จ่ายอื่น ๆ รวมถึงค่าใช้จ่ายสำหรับใบอนุญาตในปีแรกค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (OpEx) ของ MNO เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการดำเนินงานและการบริหารจัดการโครงสร้างพื้นฐาน ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับสัญญาเช่า ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าและพลังงานของสถานีรับส่งสัญญาณอุปกรณ์เคลื่อนที่รวมถึง ค่าใช้จ่ายสำหรับการดูแลลูกค้าการเรียกเก็บเงินการขายการตลาดและการสื่อสาร OpEx เป็นค่าใช้จ่ายหลักที่จะเพิ่มขึ้นทุกปีเนื่องจากมีอัตราการเพิ่มขึ้นของลูกค้าใหม่และความต้องการทางกายภาพ รายได้จากเครือข่ายทั้งหมดมาจากปัจจัยทั้งทรัพยากรเครือข่ายและการกำหนดค่าบริการของผู้ใช้ อัตราการส่งข้อมูลหรือคุณภาพของสัญญาณ [22] รายได้ประมาณการได้จากรายได้เฉลี่ยต่อผู้ใช้ (ARPU) และรายได้จาก ค่า Access Charges

ซึ่งคำนวณจากฐานลูกค้าของ MVNO (α_{MVNO}) และจำนวนของ MVNO ที่ทำสัญญากับ MNO

4.1 กำหนดค่าตัวแปรต่างๆ

กำหนดค่า K เป็นมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Investment Cost) ซึ่งประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (CapEx) รวมกับค่าใช้จ่ายในส่วนของใบอนุญาต (L) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (OpEx) ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในการลงทุนในโครงสร้างพื้นฐาน เช่น ค่าก่อสร้างศูนย์บริการหลักของเครือข่ายอุปกรณ์เคลื่อนที่ ก่อสร้างสถานีรับส่งสัญญาณก่อสร้างสถานีฐานและค่าใช้จ่ายอื่น ๆ รวมค่าใช้จ่ายในส่วนของใบอนุญาต L และค่าใบอนุญาต (จากข้อมูลอ้างอิง กำหนดมูลค่า \$200 ล้านเหรียญ)

จากสมมติฐานดังกล่าวข้างต้น จำนวนรวมของสถานีรับส่งสัญญาณของอุปกรณ์เคลื่อนที่มีจำนวน 664 สถานีในปีแรกของการลงทุนซึ่งจำนวนดังกล่าวครอบคลุมพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ของประเทศ ค่าประมาณการลงทุนสถานีรับส่งสัญญาณของอุปกรณ์เคลื่อนที่ 10% ต่อปี ศูนย์บริการหลักของเครือข่ายครอบคลุมพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ของ 100 สถานีรับส่งสัญญาณ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการการขายการตลาดและการสื่อสารมีมูลค่า 2.5% ของรายได้รวม

ค่าใช้จ่ายในการให้บริการลูกค้าและการเรียกเก็บเงิน (CCBC) ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายในการได้มาของลูกค้าใหม่ (CAC) \$12 ต่อปี ค่าใช้จ่ายในการรักษาลูกค้า (CRC) \$12 ต่อปี และค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่อ (IC) \$12 ต่อปีการคำนวณ CapEx และ OpEx แสดงในภาคผนวก ก S₀ คือมูลค่าปัจจุบันของ

¹Federal Communications Commission (FCC) Home Page—<http://www.fcc.gov/>.

²The research of study; <http://www.wikiwealth.com/company/telecom>

กระแสเงินสดรายได้ในอนาคต กำหนดระยะเวลา
 ดำเนินการ T เท่ากับ 5 ปี (FCC¹) [24] สมการจำลอง
 ของ Monte Carlo แสดงในภาคผนวก ข ประมาณค่าได้
 เป็น 4.65% ต่อปี สำหรับการประเมินมูลค่า DCF ค่า r มี
 ค่าเท่ากับ 4% และค่า WACC เท่ากับ 9% ซึ่ง อ้างอิง
 จากกรณีศึกษาและงานวิจัยต่างๆ ทางด้าน
 อุตสาหกรรมโทรคมนาคมและรายงานจากเว็บไซต์
[http:// www.wikiwealth.com/company:telecom](http://www.wikiwealth.com/company:telecom)²[
 23,25] ในกรณีศึกษา นี้ ไม่นำค่าทางภาษีมาใช้ใน
 คำนวณเพื่อลดความซับซ้อนของการคำนวณ

4.2 รายละเอียดการลงทุน

ตารางที่ 2 แสดงการประมาณการรายได้
 สำหรับลูกค้าเครือข่าย 3G E-UMTS และการคำนวณ
 มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดในอนาคต S_0 กระแส
 เงินสดของรายได้มาจาก จำนวนลูกค้าของ MNO และ
 MVNO และจำนวนของ MVNO ด้วยจากข้อมูล
 พื้นฐานจำนวนของลูกค้าของ MNO เริ่มต้นที่
 500,000 รายใน ปีที่ 1 และเพิ่มขึ้น 20% ในทุกๆ ปี
 จำนวนลูกค้าของ MVNO เริ่มต้นที่ 250,000 ในปี 1

และเพิ่มขึ้น 20% ในทุกๆ ปี ในปี 1 จำนวนของ
 MVNO เท่ากับ 2 และเพิ่มขึ้น 1 MVNO ในทุกๆ ปี
 รายได้ (ARPU) เท่ากับ \$250 ต่อคน/ปี และค่า ARPU
 ลดลง 5% ต่อปี ตลอดระยะเวลา 5 ปี ค่า α (Access
 Charges) ที่ต้องจ่ายให้กับ MNO กำหนดให้มีค่า
 เท่ากับ 50% ของ ARPU เท่ากับ \$125 ต่อคน/ปี และ
 ลดลง 5% ต่อปี ตลอดระยะเวลา 5 ปี

ตารางที่ 3 แสดงค่าใช้จ่ายในการลงทุน
 (Investment cost) ซึ่งประกอบด้วย CapEx และ
 OpEx ค่าใช้จ่ายในการลงทุน K การลดกระแสเงินสด
 ในอนาคต WACC 9% มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงิน
 สดในอนาคต S_0 จากสมการ (1) คำนวณค่าได้เท่ากับ
 \$778.68 ล้านเหรียญ และมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย
 ในการลงทุน K เท่ากับ \$419.12 ล้านเหรียญ จาก
 สมการ (3) ค่า NPV (no option) = $S_0 - K = 778.68$
 - \$419.12 = \$359.56 ล้านเหรียญ จึงสามารถสรุปได้
 ว่าสามารถที่จะขยายโครงการลงทุนในกิจการได้
 ภายใน 5 ปี

ตารางที่ 2 ข้อมูลรายได้ (Revenue) ที่มีตัวเลือกในการขยาย Option to Expand: ประมาณการรายได้ของ MNO

ปีที่	0	1	2	3	4	5
ลูกค้าของ MNO	0	500,000	600,000	720,000	864,000	1,036,800
ลูกค้าของ MVNO	0	500,000	900,000	1,440,000	2,160,000	3,110,400
จำนวนของ MVNO	0	2	3	4	5	6
รายได้ (ล้านบาท)	\$0	\$187.50	\$249.38	\$324.90	\$416.68	\$527.80
กระแสเงินสด (ล้านบาท)	\$0	\$99.11	\$143.86	\$198.86	\$265.58	\$346.14

ตารางที่ 3 ข้อมูลค่าใช้จ่าย (Cost) ที่มีตัวเลือกในการขยาย Option to Expand: ประมาณการค่าใช้จ่ายของ MNO

ปีที่	0	1	2	3	4	5
จำนวนสถานีรับส่งสัญญาณ ของโทรศัพท์เคลื่อนที่	664	67	74	81	89	98
จำนวนรวมของสถานีรับส่ง สัญญาณของ โทรศัพท์เคลื่อนที่	664	731	805	886	975	1,073
CapEx (ล้านบาท)	\$419.12	\$22.11	\$24.42	\$26.73	\$29.37	\$32.34
OpEx (ล้านบาท)	\$0	\$66.28	\$81.09	\$99.32	\$121.73	\$149.32
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ (ล้านบาท)	\$0	\$88.39	\$105.51	\$126.05	\$151.10	\$181.66

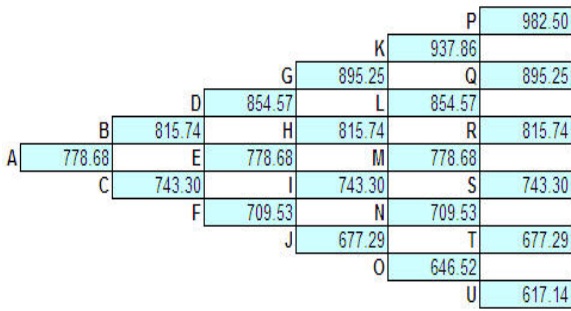
เมื่อนำข้อมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดในอนาคตที่เป็นรายได้มาคำนวณ ตามสมการที่ (1) มีค่าเท่ากับ \$778.68 ล้านเหรียญ มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดของค่าใช้จ่ายในการลงทุนมาคำนวณ ตามสมการที่ (3) มีค่าเท่ากับ \$419.12 ล้านเหรียญ (ราคาที่กำหนด ในการลงทุน) ค่าความผันผวน 4.65% r_f เท่ากับ 4% และระยะเวลาดำเนินงาน 5 ปี จากสมการ (13), (14), และ (15) สามารถคำนวณค่าพารามิเตอร์ของ binomial tree $u = 1.0476$, $d = 0.9546$ และ $p = 0.9270$ แสดงดังรูปที่ 1 (a)

สำหรับ option to expand สามารถใช้พารามิเตอร์ 2 ค่าเพื่อใช้ในการคำนวณหาค่าของ option to expand ได้แก่ มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดในอนาคตที่เป็นรายได้ (S_0) ของ MNO ซึ่งมีค่าเท่ากับ \$778.68 ล้านเหรียญ และตัวแปร E ตามสมมติฐานการขยายโครงการเป็นสองเท่า (เติบโต 200%) ของการลงทุนของ MNO การวิเคราะห์ที่เริ่มต้นที่จุดสิ้นสุดของ tree ที่โหนด P มีค่าของตัวเลือกเป็นค่าสูงสุดที่สามารถจะขยายการลงทุน (no option to expand) จาก tree ที่กล่าวข้างต้นค่าของการดำเนินงานในปัจจุบัน และการขยายการลงทุนในเครือข่าย มีค่า

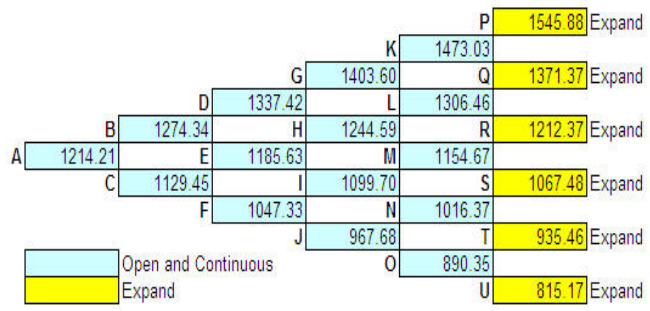
$$NPV (\text{option to expand}) = (2) * \$982.50 - \$419.12 = \$1,545.88 \text{ ล้านเหรียญ}$$

จากผลลัพธ์ที่ได้ พบว่า MNO เลือกที่โหนด P เพื่อทำการขยายการลงทุน ดังนั้นค่าของตัวเลือกที่โหนดนี้คือ \$1,545.88 ล้านเหรียญ ในการคำนวณรูปแบบเดียวกันสำหรับทุกโหนดปลายทาง ตัวอย่างเช่นที่โหนด U MNO สามารถขยายการลงทุนได้ เนื่องจากค่าของการดำเนินงานในปัจจุบันคือ \$815.17 ล้านเหรียญ ซึ่งได้ค่าเดียวกับค่าการลงทุน ซึ่งมีค่าเท่ากับ $(2) * \$617.14 - \$419.12 = \$815.17$ ล้านเหรียญ หากค่าที่คำนวณได้ต่ำกว่าค่าของโหนด U ก็ยังสามารถขยายการลงทุนได้ เนื่องจากยังคงมีผลกำไร

ที่โหนด K MNO มีสองทางเลือกในการขยายการลงทุน แสดงดังรูปที่ 1(b) ค่า $NPV (\text{option to expand}) = (2) * \$937.86 - \$419.12 = \$1,456.60$ ล้านเหรียญ นำค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก (WACC) มาใช้ในการคำนวณ ค่าตัวเลือกการขยายการลงทุน น่าจะเป็นของความเสี่ยงที่เป็นกลาง เท่ากับ $(0.9270) * (\$1,545.88 \text{ ล้านเหรียญ}) + (1-0.9270) * (\$1,371.37 \text{ ล้านเหรียญ}) * e^{-0.04 * 1} = \$1,529.21$ ล้าน

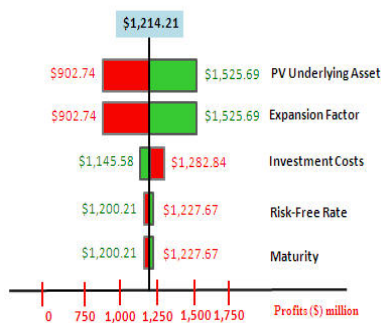


a. สินทรัพย์อ้างอิงด้วย Lattice



b. ตัวเลือกในการขยายการลงทุน Lattice

รูปที่ 2 Binomial Trees for สินทรัพย์อ้างอิง(a) และ ตัวเลือกในการขยาย(b)



Inputs	Output Lower Bound (In millions)	Output Upper Bound (In millions)	Effective Range (In millions)	Input Lower Bound	Input Upper Bound	Base Case Value
PV Underlying Asset	\$902.74	\$1,525.68	\$622.94	\$622.94 million	\$934.42 million	\$778.68 million
Expansion Factor	\$902.74	\$1,525.68	\$622.94	1.60	2.40	2.00
Investment Costs	\$1,282.84	\$1,145.58	\$137.26	\$274.52 million	\$411.78 million	\$343.15 million
Risk-Free Rate	\$1,200.21	\$1,227.67	\$27.46	0.03	0.05	0.04
Maturity	\$1,200.21	\$1,227.67	\$27.46	4.00	6.00	5.00

รูปที่ 3 แผนภาพทอร์นาโดสำหรับ MNO ในการเลือกที่จะขยายการลงทุน

เหรียญ รูปที่ 2(b) ที่โหนด K มีค่าเท่ากับ \$2,028.04 ล้านเหรียญ มูลค่าสูงกว่าค่าการลงทุน มีอัตราดอกเบี้ย 4% ค่าความน่าจะเป็น (p) เท่ากับ 0.9270 ใช้เทคนิคการย้อนกลับไปที่จุดเริ่มต้นคำนวณค่าได้เท่ากับ \$1,214.21 ล้านเหรียญ ค่าที่ได้รับผ่านทางกระแสเงินสดลดราคาคือ \$1,271.02 ล้านเหรียญ มูลค่าการดำเนินงานในปัจจุบันเท่ากับ 2* (\$778.68 ล้านเหรียญ) - \$419.12 ล้านเหรียญ = \$1,138.24 ล้านเหรียญค่าการดำเนินงานในปัจจุบันน้อยกว่าค่าใช้จ่ายดังนั้น สามารถสรุปได้ว่าสามารถขยายโครงการได้ในทำนองเดียวกันเนื่องจากมูลค่า \$1,271.02 ล้านเหรียญ มากกว่า \$1,138.24 ล้านเหรียญ สำหรับค่า NPV (option to expand)

การวิเคราะห์ความไวในกรณีของ option to expand และแผนภาพทอร์นาโด แสดงค่าระดับความไวของตัวแปรต่างๆ ที่สำคัญ แสดงดังรูปที่ 3 โดยแสดงถึงระดับความไวของตัวแปรโดยเรียงลำดับตัวแปรที่มีผลกระทบสูงสุดไปต่ำสุดที่มีผลกระทบต่อกำไรสุทธิประจำปีที่มีสินทรัพย์อ้างอิง (PV)

5 การอภิปรายและ ผลสรุป

การลงทุนของผู้บริการเครือข่ายอุปกรณ์เคลื่อนที่เจ้าของโครงข่าย (MNO) ในงานวิจัยนี้พบว่า มีผลกำไร สามารถขยายการลงทุนได้โดยมีปัจจัยหลักสำหรับการดำเนินการได้แก่ รายได้จากฐานลูกค้าของตัวเอง ค่า Access Charge และจำนวนลูกค้าของ MNO เองในสถานการณ์ที่มีความแปรปรวนน้อย

พบว่า การวิเคราะห์ real option (option to expand) ปัจจัยต่างๆ มีผลกระทบต่อการลงทุนของ MNO หรือผลกำไรของ MNO ความไม่แน่นอนเกี่ยวกับจำนวนของลูกค้าที่เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลกระทบต่อ MNO จำนวนของลูกค้าที่เพิ่มขึ้นส่งผลกระทบต่อดำเนินการขยายการลงทุนของ MNO สังเกตได้จากมูลค่าที่แสดงในโหนด P, Q, R, S, T และ U ของการลงทุนในปีสุดท้าย (ปีที่ 5)

โมเดลราคา (Pricing Model) และวิธีการวิเคราะห์ real option ทำให้ผู้บริหารเครือข่ายอุปกรณ์เคลื่อนที่เจ้าของโครงข่าย (MNO) ทราบถึงโอกาสในการตัดสินใจในการขยายการลงทุนในช่วงระยะเวลาดำเนินการลงทุน เพื่อนำข้อมูลการทำนาย (prediction) มาใช้สำหรับการกำหนดกลยุทธ์ทางธุรกิจ การตลาด ตลอดจนวางแผนการดำเนินการต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนลดความเสี่ยงในการกำหนดราคาให้กับปัจจัยต่างๆ ในการลงทุน

ภาคผนวก ก. การคำนวณกระแสเงินสด

การคำนวณรายได้ (ตารางที่ 2):

$$\text{Revenue} = \{[\text{Average Revenue Per User (ARPU)}/\text{Year} * \text{Number of MNO's Customers}\} + \{\text{Access Charge } (\alpha) * \text{Number of MVNO's Customers}\}$$

ตัวอย่างการลงทุนใน Year 1:

$$\text{Revenue} = \{\$250 * 500,000\} + \{(\$250 * 50\%) * 500,000\} = \$187.5 \text{ million.}$$

Operating costs projections for this study (Table 3):

$$\begin{aligned} \text{Capital expenditure} = & \{[(\text{Node B (cell Site) Construction Cost})/\text{year} + [\text{Integration Cost}]/\text{year}] * \text{Number of Cell Sites}\} \\ & + \{(\text{Mobile service center Construction cost}) + [\text{Radio Network Controller Construction Cost}]/\text{year} * \\ & \text{Number of Cell Sites}/100\} + \text{The License Cost} \end{aligned}$$

การลงทุนใน Year 0:

$$\text{CapEx} = \{(\$250,000 + \$5,000) * 664\} + \{(\$5,000,000 + 2,500,000) * 664/100\} + \$200,000,000 = \$419.12 \text{ million}$$

การลงทุนใน Year 1:

$$\text{CapEx} = \{(\$250,000 + \$5,000) * 67\} + \{(\$5,000,000 + 2,500,000) * 67/100\} = \$22.11 \text{ million}$$

$$\begin{aligned} \text{Operational expenditure} = & \{[(\text{Node B, RNC and MSC Power supply Cost})/\text{Year} + (\text{Maintenance Cost})/\text{Year}] * \\ & \text{Number of Cell Sites}\} + \text{CCBC} + \{(\text{Sales, marketing and communications costs}) * \\ & \text{Revenue}/\text{Year}\} + \{(\text{Equipment operating costs}) * \text{Revenue}/\text{Year}\} \end{aligned}$$

$$\text{When } \text{CCBC} = \{(VC_{\text{MNO}} * q_{\text{MNO}}) + IC * \sum_{i=1}^n q_{\text{MVNO}}\}$$

การลงทุนใน Year 1:

$$OpEx = \{[(\$40,000 + \$5,000) * 731] + [(\$12 + \$12 + \$12) * 500,000] + [(\$12) * 500,000] + [(187,500,000) * 2.5\%] + [(187,500,000) * 2.5\%]\} = (32.90 + 18 + 6 + 4.69 + 4.69) \text{ million} = 66.28 \text{ million}$$

ภาคผนวกข. การคำนวณค่าความแปรปรวน

Year	Year 0	Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5
Free Cash Flow S_0 (in millions)	\$0	\$99.11	\$143.86	\$198.86	\$265.58	\$346.14
Cash Flow Relative Returns			1.45	1.38	1.34	1.30
Natural Logarithm of Cash Flow Returns (X)			ln 1.45 = 0.37156	ln 1.38 = 0.32208	ln 1.34 = 0.29267	ln 1.30 = 0.26236

$$\text{Volatility} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}$$

n is the number of X_i , and \bar{X} is the average X value. $\bar{X} = (0.37156 + 0.32208 + 0.29267 + 0.26236)/4 = 0.31217$

$$\text{Volatility} = \sqrt{\frac{1}{4-1} ((0.37156 - 0.31217)^2 + (0.32208 - 0.31217)^2 + (0.29267 - 0.31217)^2 + (0.26236 - 0.31217)^2)} = 4.65\%$$

ข้อมูลอ้างอิง

- [1] UMTS Forum, <http://www.umts-forum.org>. Telecommunications, Vol. 21, No. 5, pp. 407-411 (2010).
- [2] UMTS World, <http://www.umtsworld.com>
- [3] Raychaudhuri, D.: Topics in 4G wireless networks: Self-Organizing ad-hoc nets, adaptive services & QoS. In Proc of wireless, mobile and always best connected. 1st International ANWIRE Workshop. Glasgow, UK (2003)
- [4] Gustafson, E., & Jonsson, A.: Always best connected, IEEE Wireless Communications. vol. 10, No. 1, pp. 49-55 (2003)
- [5] Fernando J. Velez, Orlando Cabral, Francisco Merca and Vasos Vassiliou.: Service Characterization for Cost Benefit Optimization of Enhanced UMTS. Telecommunication Systems Journal, pp. 1-15, (2010)
- [6] Fazel K., Kaiser S., Dammann A.: ETT special issue on multi-carrier and spread spectrum. European Transactions on
- [7] Limam, I. B., Cherkaoui, O., Pujolle, G.: Third-generation virtualized architecture for the MVNO context, Springer, Ann. Telecommun. vol. 64, pp. 339-347 (2009)
- [8] Smura, T., Kiiski, A., Hämmäinen, H.: Virtual operators in the mobile industry: a techno-economic analysis, Netnomics, Springer Science + Business Media. vol. 8, pp. 25-48 (2008)
- [9] Pattanavichai, S., Jongsawat, N., Premchaiswadi, W.: A Pricing Model and Sensitivity Analysis for MVNO Investment Decision Making in 3G UMTS Networks, Proceedings of ISIEA 2010. pp. 22-27 (2010)
- [10] Pattanavichai, S., Jongsawat, N., Premchaiswadi, W.: A Pricing Model and Sensitivity Analysis for MNO's Investment Decision Making in 3G UMTS Networks, Proceedings of ISECS 2010. pp. 274-279 (2010)

- [11] Varoutas D, Katsianis D, Spicopoulos Th, Stordahl K, Welling I.: On the Economics of 3G Mobile Virtual Network Operators (MVNOs), *Wireless Personal Communications: An International Journal*. vol. 36, No. 2, pp. 129-142 (2006)
- [12] Cadre, H. Le., Bouhtou, M., Tuffin, B.: A Pricing Model for a Mobile Network Operator Sharing Limited Resource with a Mobile Virtual Network Operator. P. Reichl, B. Stiller, and B. Tuffin (Eds.): ICQT 2009, LNCS 5539, © Springer-Verlag Berlin. pp. 24–35, (2009)
- [13] Damodaran, A.: *Investment valuation: Tools and techniques for determining the value of any asset* (2nd ed.). Wiley: New York. 26 – 44 (2002)
- [14] Hull J C.: *Options, Futures, and Other Derivatives* (6th ed.). Prentice Hall: NJ. 174-178 (2005)
- [15] Mun, J.: *Real options analysis—tools and techniques for valuing strategic investments and decisions*. Wiley: New York, Finance Publishers. 63-89,167-170 (2006)
- [16] Black, F., & Scholes, M.: The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*. vol. 81, No.3, pp. 637–654 (1973)
- [17] Herbst, P., & Walz, U.: Valuing wireless data services solutions for corporate clients using real options. *International Journal of Mobile Communications*, vol. 5, No. 3, pp. 259-280 (2001)
- [18] Fotios C., Harmantzis, Venkata Praveen Tanguturi.: Investment decisions in the wireless industry applying real options. *Telecommunication Policy ELSEVIER*, vol. 31, pp. 107-123 (2007)
- [19] Harmantzis, F., & Tanguturi, V. P.: Delay in the expansion from 2.5G to 3G wireless networks: A real options approach. In: *Proceedings of International telecommunications society 15th biennial conference* (2004)
- [20] Nalin Kulatilaka.: A Real and Better Option for Valuing Highly Speculative Investments Focus: The 3G Spectrum Auction. (2001)
- [21] Yaipairoj, S., Harmantzis, F., & Gunasekaran, V.: A pricing model of GPRS networks with Wi-Fi integration for “heavy” data users. In: *Proceedings of IEEE second international conference on E-business and telecommunication networks (ICETE 2005)*, Reading, UK (2005)
- [22] PeiX., ZhuG., WangQ., QuD.,LiuJ.: Economic model-based radio resource management with QoS guarantees in the CDMA uplink. *European Transactions on Telecommunications*, Vol.21, No.2,pp. 178-186 (2010).
- [23] Katz, R. L., & Junqueira.: *Managerial strategies and the future of ROIC in telecommunications*. Working Paper, Columbia Institute for Tele-Information, Columbia Business School (2003)
- [24] Federal Communications Commission (FCC), US government agency, <http://www.fcc.gov>.
- [25] The research of study, <http://www.wikiwealth.com/company:telecom>.