บทที่ 2
แนวความคิดทางทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวความคิดและทางเลือกแบบจำลองความเสี่ยง

ในปัจจุบันเกษตรกรได้มีการเลือกแผนการผลิตที่ก่อให้เกิดความมั่นคงในระดับที่พอใจ ถึงแม้จะต้องพยายามเสียสละรายได้เฉลี่ยที่ลดลงหรือเลือกผลิตในกิจกรรมที่มีความเสี่ยงน้อยลง ตลอดจนการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีแบบดั้งเดิมที่มีความคุ้นเคยดำเนินการผลิตมากกว่าที่จะใช้เทคโนโลยีใหม่ หรือในบางกรณีเกษตรกรรายย่อยจะทำการเพาะปลูกปลูกพืชเพื่อใช้บริโภคในครัวเรือนในสัดส่วนที่เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย แนวความคิดเรื่องความเสี่ยงมีหลายคนที่ให้ความหมายไว้ เช่น

กอบชัย ฉิมกุล (2531) กล่าวถึงความสำคัญของความเสี่ยงในแบบจำลองว่าเป็นเงื่อนไขที่จำเป็น (Necessary Condition) แต่ไม่เป็นเงื่อนไขบังคับ (Sufficient Condition) โดยอ้างถึงผลการศึกษาเปรียบเทียบเกี่ยวกับการตอบสนองอุปทานของเกษตรกรระหว่างแบบจำลองที่ไม่คำนึงถึงความเสี่ยง ภายใต้ข้อสมมติว่าเกษตรกรเป็นผู้ไม่คำนึงถึงความเสี่ยง (Risk Neutraltor) และแบบจำลองที่คำนึงถึงความเสี่ยง ภายใต้ข้อสมมติว่าเกษตรกรเป็นผู้หลีกเลี่ยงความเสี่ยง (Risk Averse) ซึ่งพบว่าผลการศึกษาส่วนมากแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองที่คำนึงถึงความเสี่ยง สามารถทำนายผลการตอบสนองของอุปทานของเกษตรกรได้ดีกว่าแบบจำลองที่ไม่คำนึงถึงความเสี่ยงดังนั้น แบบจำลองที่ไม่คำนึงถึงพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงความเสี่ยงในแผนงานการผลิตอาจทำให้ผลการศึกษานำไปสู่คำตอบที่ไม่สามารถยอมรับได้ของเกษตรกร หรือไม่สอดคล้องกับการตัดสินใจของเกษตรกรตามสภาพการผลิตที่เป็นจริง

Knight (1921) ได้กล่าวถึงความเสี่ยง คือ สภาพการณ์ หรือผลได้ที่จะเกิดขึ้นนั้นมีหลายทางด้วยกันโดยที่สามารถคาดคะเนโอกาสที่จะเกิดขึ้นของผลได้ในแต่ละทางได้ (อ้างโดย สถาพร, 2527) จากความหมายดังกล่าว กรณีของการวางแผนการผลิตเกษตรกรสามารถที่จะประมาณค่ารายได้ที่เป็นไปได้ตามความน่าจะเป็นที่เกี่ยวข้องได้โดยการใช้ข้อมูลอนุกรมเวลา แต่ปัญหาที่เกิดขึ้นตามมาก็คือ การจัดลำดับแผนงานการผลิตบนฐานของการกระจายรายได้ เพื่อให้เกษตรกรเลือกแล้วบรรลุเป้าหมายที่ดีที่สุด ดังนั้นกฎและทฤษฎีการตัดสินใจต่าง ๆ ได้มีการพัฒนาขึ้นเพื่อแสวงหาหนทางการจัดลำดับการกระจายรายได้ดังกล่าว โดยอาศัยการวัดเกี่ยวกับค่าความน่าจะเป็นของความเบี่ยงเบน หรือศึกษาวิเคราะห์การกระจายของรายได้ที่เกิดขึ้นเพื่อที่จะหาหน่วยวัด

เกี่ยวกับความเสี่ยง สำหรับแนวความคิดทางทฤษฎีเศรษฐศาสตร์ที่มีการพัฒนาขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการอธิบายถึงพฤติกรรมการตัดสินใจของเกษตรกรภายใต้ความเสี่ยงที่เกิดขึ้น พอสรุปได้เป็นสองแนวความคิดที่สำคัญ คือ

2.1.1 ทฤษฎีความพอใจที่คาดหวัง (Expected Utility Theory)

ทฤษฎีความพอใจที่คาดหวัง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าหลักเบอร์นูลี่ (Bernoulli's Principle) ทฤษฎีนี้ได้พัฒนาโดย Von Neuman และ Morgenstern (Anderson, Dillon and Hardaker 1977: 66-67) เพื่อเป็นแนวทางในการช่วยตัดสินใจทฤษฎีนี้มาจากความเป็นจริงที่ว่ามนุษย์จะเลือกในสิ่งที่ดีที่สุดอย่างสมเหตุสมผลโดยจะมีการจัดเรียงลำดับความหวังที่เต็มไปด้วยความเสี่ยง ดังนั้นในกรณีของการวางแผนงานการผลิต สามารถอธิบายได้ว่า ภายใต้ข้อสมมติที่ว่าเส้นอรรถประโยชน์ของเกษตรกรอยู่ในรูปของ Quadratic Function หรือโอกาสที่เกิดขึ้นของรายได้มีการกระจายแบบปกติ (Normal Distribution) กล่าวคือ เกษตรกรจะเลือกแผนงานฟาร์มที่ให้ ค่าความพอใจที่คาดหวัง (Expected Utility) มากที่สุด ดังนั้นในการตัดสินใจเลือกแผนงานการผลิตจึงขึ้นอยู่กับระดับความยอมรับความเสี่ยงของเกษตรกรว่าจะอยู่ในระดับใด ถ้าหากเกษตรกรเป็นผู้ที่ชอบเสี่ยงก็จะเลือกแผนงานฟาร์มที่มีความเสี่ยงสูง แต่ถ้าหากเกษตรกรเป็นผู้ที่ไม่ชอบเสี่ยง (Risk Adverse) ก็จะเลือกแผนงานการผลิตของตนเองที่มีความเสี่ยงอยู่ในระดับที่ต่ำ ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยรูปแบบทางคณิตศาสตร์ ดังนี้

สมมติว่าฟังก์ชั่นอรรถประโยชน์ของเกษตรกรอยู่ในรูป Quadratic Function

$$U(Y) = \alpha Y + \beta Y^2 \qquad \text{..... (2.1)}$$

กำหนดให้ $U(Y)$ = อรรถประโยชน์ของเกษตรกร

Y = รายได้ที่ได้จากแผนงานฟาร์ม

α, β = ค่าคงที่

ค่า ความพอใจที่คาดหวัง ของเกษตรกร คือ

$$E[U(Y)] = \alpha E(Y) + \beta E(Y^2)$$

$$= \alpha E(Y) + [\beta E(Y^2) - \beta E(Y)^2] + \beta E(Y)^2$$

$$= \alpha E(Y) + \beta V(Y) + \beta E(Y)^2 \qquad \text{.....(2.2)}$$

กำหนดให้ $E[U(Y)]$ = Expected Utility ของเกษตรกร

$V(Y)$ = ความแปรปรวน (Variance) ของรายได้

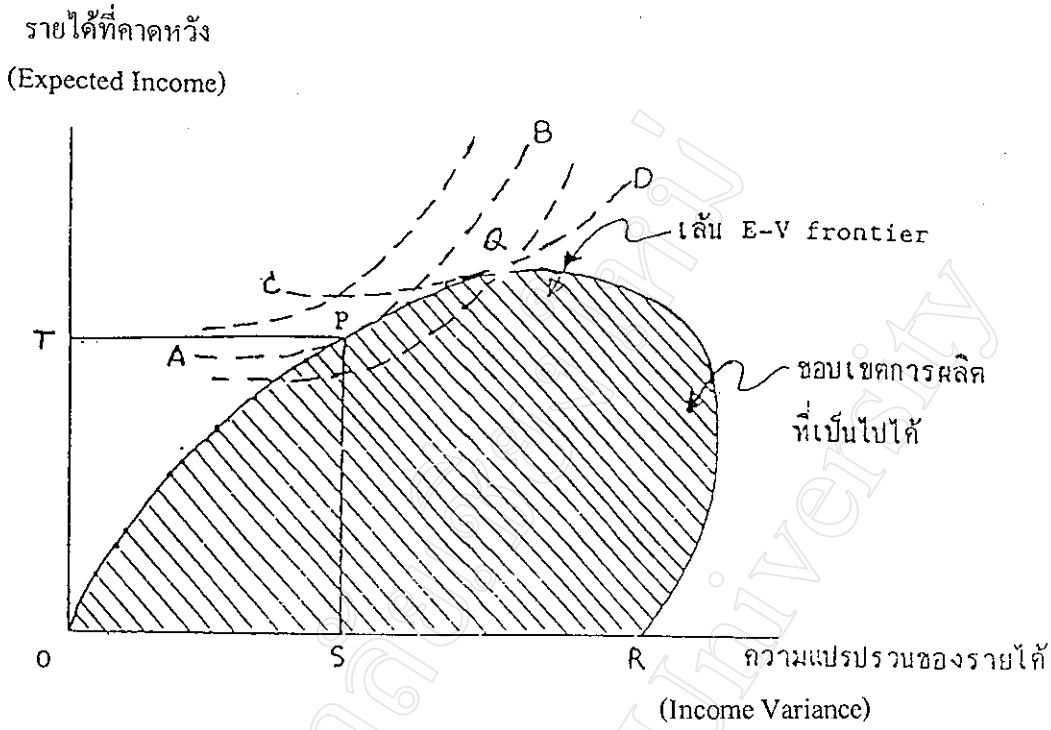
$E(Y)$ = รายได้ที่คาดว่าจะได้รับจากแผนงานการผลิต (Expected Income)

จากสมการที่ (2.2) จะเห็นได้ว่า ก่อนที่เกษตรกรจะทำการตัดสินใจเลือกแผนงานการผลิต เกษตรกรจะคำนึงถึงค่าสองค่าก่อน คือ รายได้ที่คาดว่าจะได้รับ, E (Y) และค่าความแปรปรวนของรายได้, V (Y) ถ้าสมมติให้ค่า α มีค่ามากกว่าศูนย์ และค่า β มีค่าน้อยกว่าศูนย์ลักษณะแบบนี้จะแสดงถึงการไม่ชอบเสี่ยง (Risk Adverse) ของเกษตรกร ในกรณีเกษตรกรที่มีเหตุผลย่อมต้องเลือกแผนงานการผลิตที่ให้รายได้ที่คาดว่าจะได้รับมากที่สุด เมื่อกำหนดค่าความแปรปรวนของรายได้ให้คงที่ ณ ระดับหนึ่ง หรือเลือกแผนงานการผลิตที่มีความแปรปรวนของรายได้น้อยที่สุด เมื่อกำหนดค่ารายได้ที่คาดว่าจะได้รับให้คงที่ ณ ระดับหนึ่ง ซึ่งจะทำให้เกษตรกรได้รับ ความพอใจที่คาดหวังสูงที่สุด

จากทฤษฎีความพอใจที่คาดหวังหรือหลักเบอร์นูลี่ ข้างต้น ได้มีการนำแนวความคิดนี้มาอธิบายพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงความเสี่ยง ในแบบจำลองแผนงานการผลิตเพื่อแสวงหาคำตอบที่แสดงความสอดคล้องกับการตัดสินใจของเกษตรกร ตามสภาพการผลิตที่เป็นจริงโดยพัฒนาเป็นเทคนิคต่าง ๆ ที่มีการรวมพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงความเสี่ยงของเกษตรกรเข้าไปในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

ก.โปรแกรมมิ่งแบบ Quadratic (Quadratic Programming)

จากหลักของ ทฤษฎีความพอใจที่คาดหวัง ในข้างต้น Markowitz (1952) ได้นำมาใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการตัดสินใจภายใต้สถานการณ์ความเสี่ยง และได้อธิบายว่าเกษตรกรจะใช้มาตรการที่พิจารณาถึงค่ารายได้ที่คาดว่าจะได้รับ และค่าความแปรปรวนของรายได้ (Expected Income-Variance Criterion) เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจ มาตรการที่ใช้ในการตัดสินใจดังกล่าวจึงเป็นที่มาหรือจุดกำเนิดกฎเกณฑ์การตัดสินใจแบบ E-V (Efficient Variance Decision Rule) ซึ่งสามารถอธิบายได้โดยอาศัย ภาพที่ 2.1 ดังนี้คือ



ภาพที่ 2.1 : แสดงการตัดสินใจโดยคำนึงถึงความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ที่คาดหวัง กับความแปรปรวนของรายได้

ที่มา: Markowitz , 1952

ภายใต้กฎการตัดสินใจ E-V นี้ Markowitz ได้ใช้ความแปรปรวนของรายได้เป็นตัวแทนของความเสี่ยง กล่าวคือ ถ้าความแปรปรวนของรายได้มีค่ามาก แสดงว่าความเสี่ยงจากแผนงานการผลิตมีมาก หรือถ้าความแปรปรวนของรายได้มีค่าน้อย ความเสี่ยงจากแผนงานการผลิตจะมีน้อยเช่นกัน ดังนั้นเกษตรกรจะเลือกแผนงานการผลิตที่มีความเสี่ยงสูงขึ้นก็ต่อเมื่อรายได้ที่คาดว่าจะได้รับจากแผนงานการผลิตนั้น ๆ มีค่ามากขึ้น (E / V > 0) จากภาพที่ 2.1 เส้น OPQR เป็นเส้นที่แสดงถึงขอบเขตการผลิตที่เป็นไปได้ ณ ระดับรายได้ที่คาดว่าจะได้รับ OT เกษตรกรผู้ที่มีเหตุผลจะต้องเลือกแผนงานการผลิต P เพราะแผนงานการผลิตนี้จะทำให้ค่าความพอใจที่คาดหวังของเกษตรกรสูงสุด (ณ ระดับรายได้ที่คาดว่าจะได้รับ OT แผนงานการผลิต P จะเป็นแผนงานการผลิตที่มีความเสี่ยงน้อยที่สุด ภายใต้ขอบเขตการผลิตที่เป็นไปได้) ในขณะเดียวกันถ้ากำหนดให้ค่าความเสี่ยงคงที่อยู่ ณ ระดับ OS เกษตรกรที่มีเหตุผลย่อมต้องเลือกแผนงานการผลิต P เช่นกัน เพราะแผนงานการผลิตนี้จะทำให้เกษตรกรผู้ตัดสินใจมี ค่าความพอใจที่คาดหวัง สูงสุด (ณ ระดับความเสี่ยง OS แผนงานการผลิต P จะเป็นแผนงานการผลิตที่ก่อให้เกิดรายได้ที่คาดว่าจะได้รับสูงที่สุด ภายใต้

ขอบเขตการผลิตที่เป็นไปได้) ฉะนั้นเกษตรกรที่มีเหตุผลจะทำการเลือกแผนงานการผลิตตามเส้นขอบเขตการผลิตที่เป็นไปได้ OPQ เท่านั้น เพราะแผนงานการผลิตที่อยู่เลยจุด P ออกไปจะทำให้ความพอใจที่คาดหวังของเกษตรกรลดต่ำลง Markowitz เรียกเส้น OPQ ว่า Efficient Frontier (หรือ E-V frontier) เพราะเป็นเส้นที่ลากผ่านจุดเหมาะสมทางการผลิตที่เกษตรกรที่มีเหตุผลทำการตัดสินใจเลือก ภายใต้การคิดคำนึงรายได้ที่คาดว่าจะได้รับ และความแปรปรวนของรายได้ (ความเสี่ยง) แผนงานการผลิตที่เหมาะสมสำหรับเกษตรกรรายใดรายหนึ่งนั้นจะขึ้นอยู่กับความพอใจ (Preference) ของเกษตรกรเหล่านั้นว่าจะชอบเสี่ยงมากน้อยแค่ไหนซึ่งก็คือ เส้น Expected Utility นั่นเอง และถ้าเกษตรกรทราบถึง Expected Utility ของตนเองแล้ว ก็จะสามารถเลือกแผนงานการผลิตที่เหมาะสมกับความพอใจของตนเอง ดังเช่นเกษตรกรที่มีเส้น Expected Utility เป็นแบบเส้น AB แผนงานการผลิต P จะเป็นแผนงานการผลิตที่เหมาะสมสำหรับเขา หรือกรณีที่ เส้น Expected Utility เป็นแบบเส้น CD แผนงานการผลิต Q ก็จะเป็นแผนงานการผลิตที่เหมาะสม เพราะที่จุด P และ Q เป็นจุดที่ Expected Utility ของเกษตรกรสัมผัสกับ Efficient Frontier ซึ่งทำให้เกษตรกรได้รับความพอใจสูงสุด

แบบจำลอง E-V เป็นที่นิยมกันมากในการวิเคราะห์วางแผนงานการผลิตของเกษตรกรแต่การใช้วิธีการแบบ Quadratic Programming จะค่อนข้างยุ่งยากและคอมพิวเตอร์โค้ดที่มีทางเลือกทางด้านพารามเตริกที่ใช้กันอยู่สามารถจัดการกับปัญหาที่มีมิติที่จำกัด ตลอดจนโปรแกรมมิ่งทางคอมพิวเตอร์ในระยะแรกยังไม่มีการพัฒนาให้แก้ปัญหาที่เป็น Quadratic Programming ได้อย่างเหมาะสมเพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้จึงมีการประมาณโดยผ่านการใช้โปรแกรมมิ่งเส้นตรง (Linear Programming)

ข. การใช้โปรแกรมมิ่งเส้นตรงในการประมาณ
(Linear Programming Approximation)

จากปัญหาที่เกิดขึ้นดังได้กล่าวไว้ข้างต้น เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาที่เกิดขึ้นนักวิชาการจึงได้พัฒนาวิธีการกะประมาณ โดยใช้โปรแกรมมิ่งเส้นตรง ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. แบบจำลองโมแทด (MOTAD model)

Hazell (1971) ได้พัฒนาวิธีการนี้ขึ้นมาเป็นทางเลือกทางหนึ่งในการใช้โปรแกรมมิ่งเส้นตรงของแบบจำลอง Quadratic สำหรับแผนงานการผลิตภายใต้ความไม่แน่นอนโดยการวัดความแปรปรวนที่ใช้ในโปรแกรมมิ่งแบบ Quadratic ซึ่งก็คือ การประมาณการทางด้านสถิติเกี่ยวกับความแปรปรวน แต่ว่า Hazell ได้เสนอการใช้การกะประมาณการความแปรปรวนที่ได้มาจากตัวอย่าง ที่เรียกว่า Mean Absolute Deviation (MAD) โดยการวัดขนาดของส่วนเบี่ยงเบนในรายได้จากค่าเฉลี่ยในรูปที่ไม่คิดเครื่องหมาย (Absolute Size) จากตัวอย่างที่สำรวจที่มีความสัมพันธ์กับความแปรปรวนของประชากร เพื่อนำไปสู่โปรแกรมมิ่งเส้นตรงที่ใช้แก้ปัญหาแบบ Quadratic คือ Minimization of the Total Absolute Deviation (MOTAD) ซึ่งสามารถหาค่าได้โดยโปรแกรมมิ่งเส้นตรงแบบพาราเมตริกและก่อให้ได้คำตอบที่เหมาะสมในลักษณะชุดของคำตอบที่มีประสิทธิภาพของแผนงานการผลิตต่าง ๆ ส่วนเบี่ยงเบนของรายได้ทั้งหมดจากค่าเฉลี่ยของตัวอย่าง สามารถทดแทนความแปรปรวนในการหาประสิทธิภาพ E-V ของแผนงานการผลิตได้ (Chen 1971) วิธีการนี้จะเป็นวิธีที่ง่ายต่อการคำนวณ ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย แบบจำลองนี้ไม่มีข้อจำกัดที่ว่าข้อมูลต้องมี การแจกแจงแบบปกติเหมือนแบบจำลอง Quadratic Programming ผลการศึกษาก่อให้เกิดคุณประโยชน์ในแง่ที่ว่าทำให้สามารถใช้คำนวณปัญหาที่มีความซับซ้อนยุ่งยากมากกว่าได้

2. แบบจำลองโปรแกรมมิ่งเส้นตรงที่สามารถแยกได้

(Separable Linear Programming)

จากการสำรวจชุดตัวอย่างของ Thomas et al. (1972) ได้พัฒนาการประมาณค่าความแปรปรวนของรายได้ คือรวมความเสี่ยงเข้าไปในการเลือกของผู้ประกอบการ โดยใช้การศึกษากับตัวแทนแผนการผลิตใน Columbia basin of Washington และได้ใช้ Separable Programming ในการกำหนดเส้นขอบเขตที่มีประสิทธิภาพ โดยการสร้างแบบจำลองที่มีวัตถุประสงค์เพื่อรายได้คาดหวังสูงสุดภายใต้ข้อจำกัดด้านกายภาพ ข้อจำกัดทางด้านการเงินและความแปรปรวนของรายได้ ซึ่งข้อจำกัดความแปรปรวนของรายได้ที่มีลักษณะเป็นไม่เป็นเส้นตรง (Non-Linear) ก็ได้ทำการแยกออกเป็นความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วม โดยการแยกนี้ก็เป็นวิธีการที่จะประมาณการข้อจำกัดที่มีลักษณะเป็น ไม่เป็นเส้นตรง เพื่อประมาณการเส้นขอบเขตของ E-V ที่มีประสิทธิภาพ

3. แบบจำลองโปรแกรมมิ่งเส้นตรงที่ใช้ข้อจำกัดความเสี่ยงส่วนเพิ่ม

(Marginal Risk Constrained Linear Programming Model)

Chen และ Baker (1974) ได้พัฒนาโปรแกรมมิ่งเส้นตรงที่ใช้ข้อจำกัดเกี่ยวกับความเสี่ยงส่วนเพิ่ม (Marginal Risk Constrained Linear Programming: MRCLP) ขึ้นมาเป็นวิธีการดำเนินงานอีกวิธีหนึ่งสำหรับ Quadratic Programming การพัฒนาวิธีนี้มาจากการสังเกตคำตอบที่เหมาะสมสำหรับโจทย์ปัญหาโปรแกรมมิ่งแบบเส้นตรง ซึ่งจะเป็นจริงตามเงื่อนไขดังนี้

$$\partial E\,[U\,(Y)] / \partial x_j >= 0, \text{ และ } x_j >= 0$$

กล่าวคือ เมื่อความพอใจที่คาดหวังส่วนเพิ่ม (Marginal Expected Utility) ลดลงไปถึง 0 จะไม่มีกิจกรรมใดถูกคัดเลือกปฏิบัติ แบบจำลองนี้เป็นการทำให้รายได้ที่คาดหวังสูงสุด เช่นเดียวกับโปรแกรมมิ่งเส้นตรงทั่วไปแต่เพิ่มข้อจำกัดเกี่ยวกับความเสี่ยงส่วนเพิ่มเข้าไปและข้อจำกัดเกี่ยวกับความเสี่ยงส่วนเพิ่มนี้จะต้องถูกนำมารวมสำหรับกิจกรรมที่เข้ามาใน Basis เท่านั้น ซึ่งปัญหานี้ไม่สามารถแก้ได้โดยใช้โปรแกรมมิ่งเส้นตรงแบบปัญหาเดียว ดังนั้น Chen และ Baker จึงได้พัฒนาวิธีการที่มีหลายขั้นตอนเกี่ยวกับแก้ปัญหาอนุกรมของปัญหาโปรแกรมมิ่งเส้นตรง แต่ทั้งสองก็ยืนยันว่า ผลลัพธ์ทางตัวเลขนั้นใกล้เคียงกันกับผลลัพธ์ที่ได้จาก Quadratic Programming มากที่สุด

2.1.2 กฎเกี่ยวกับความปลอดภัยไว้ก่อน

เป็นแนวความคิดของการนำความเสี่ยงเข้ามาไว้ในแบบจำลองอีกแนวทางหนึ่ง ซึ่งแบบจำลองเหล่านี้จะถูกสร้างขึ้นมา เพื่อเป็นการประกันว่าเกษตรกรจะมีรายได้เพียงพอในระดับต่ำสุดที่จำเป็นต่อต้นทุนคงที่และการดำรงชีพของครัวเรือน ลักษณะของแบบจำลองจะเหมาะสมสำหรับสถานการณ์ที่เต็มไปด้วยความเสี่ยงหรือเกษตรกรมีเงินทุนสำรองต่ำ ซึ่งอาจจะเกิดความหายนะได้ถ้าการผลิตในปีใดปีหนึ่งล้มเหลว แบบจำลองความปลอดภัยไว้ก่อนที่สำคัญ มีดังนี้

1. Safety Principle ตามแนวความคิดนี้ Roy (1952) ได้เสนอว่าเกษตรกรต้องการรายได้ขั้นต่ำสุดระดับหนึ่ง, (Y_0) เพื่อการดำรงชีพของครัวเรือน ซึ่งก็คือเกษตรกรมีเป้าหมายการผลิตเพื่อลดความน่าจะเป็นที่ระดับรายได้ (Y_t)ที่ต่ำกว่าระดับรายได้เพื่อการดำรงชีพ (ระดับความหายนะ), Yo นั่นคือ มีเป้าหมายเลือกแผนงานที่จะทำให้ Pr ($Y_t <= Y_0$) มีค่าต่ำสุด เขียนเป็นสมการจะได้ว่า

Minimize d หรือ Minimize Pr ($Y_t <= Y_o$) ภายใต้เงื่อนไข ปัจจัยการผลิตทั่วไป

โดย Pr คือ โอกาสที่เกิดขึ้น (Probability) กล่าวคือ เกษตรกรจะเลือกแผนงานที่มีค่า d ต่ำที่สุด หรือโอกาสที่จะเกิดรายได้ Y_t ต่ำกว่าระดับรายได้เพื่อการดำรงชีพ (ระดับความหายนะ), Y_o ต่ำที่สุด

2. **Safety First Telser** (1955) ได้เสนอว่าเกษตรกรมีเป้าหมายการผลิตเพื่อระดับรายได้ Y_t สูงสุด ภายใต้เงื่อนไขความน่าจะเป็นที่ระดับรายได้สูงสุดดังกล่าวจะเกิดขึ้นต่ำกว่าระดับรายได้หายนะ, Y_o ที่กำหนดไว้ในใจ ดังนั้น สมการเป้าหมายและสมการเงื่อนไขคือ

Maximize Yt Subject to Pr ($Y_t <= Y_o$) <= $\bar{d}$ และภายใต้เงื่อนไขปัจจัยการผลิตทั่วไปโดย $\bar{d}$ คือ ระดับความเสี่ยงที่เกษตรกรกำหนดไว้ในใจ เกษตรกรจะเลือกแผนงานซึ่งโอกาสที่จะเกิดขึ้นของระดับรายได้ Y_t จะต่ำกว่า ระดับรายได้เพื่อการดำรงชีพ (ระดับความหายนะ), Y_o จะต้องไม่เกินระดับความเสี่ยงที่เกษตรกรกำหนดไว้ในใจ ($\bar{d}$)

3. Safety Fixed วิธีการนี้ได้เสนอว่า เกษตรกรมีเป้าหมายการผลิตเพื่อเพิ่มระดับรายได้ขั้นต่ำสุด, $\bar{Y}_o$ ให้สูงขึ้นกว่าระดับรายได้เพื่อการดำรงชีพ (ระดับความหายนะ), Y_o ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าความน่าจะเป็นของระดับรายได้ที่น้อยกว่าระดับรายได้ขั้นต่ำสุด, $\bar{Y}o$ ต้องไม่เกินระดับที่เกษตรกรจะยอมรับได้ (Kataoka, 1963) ดังนั้นสมการเป้าหมายและสมการเงื่อนไข คือ

Maximize $\bar{Y}o$ Subject to Pr ($\bar{Y}o$ <= Yo) < $\bar{d}$

ภายใต้เงื่อนไขปัจจัยการผลิตทั่วไปโดย $\bar{d}$ คือ ระดับความเสี่ยงที่เกษตรกรยอมรับและกำหนดไว้ในใจ

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายงานการวิจัยเกี่ยวกับการวางแผนการผลิตทางการเกษตร ภายใต้สถานการณ์แห่งความไม่แน่นอนและความเสี่ยง โดยใช้วิธีลิเนียโปรแกรมมิ่ง และนอนลิเนียโปรแกรมมิ่ง ได้มีผู้ทำการศึกษาไว้มากที่มีสาระน่าสนใจ นำมาเสนอไว้พอเป็นสังเขป ดังนี้

นูกูล บำรุงไทย (2519) ได้ประยุกต์วิธีการลิเนียร์โปรแกรมมิ่งในการวางแผนปลูกพืชหมุนเวียนภายใต้สถานการณ์แห่งความไม่แน่นอนในนิคมสร้างตนเองพระพุทธบาท จังหวัดสระบุรี พ.ศ. 2517 โดยนำเอากฎเกณฑ์การตัดสินใจทฤษฎีเกมส์มาใช้ภายใต้ข้อสมมติที่ว่าเกษตรกรต้องการทำให้รายได้สุทธิที่คาดว่าจะได้รับสูงที่สุด และโอกาสแห่งการสูญเสีย (ไม่ได้ผลผลิต) มีน้อยมากวนตัดทิ้งได้ โดยแบ่งเกษตรกรเป็น 2 กลุ่ม คือ เกษตรกรที่เป็นสมาชิกสถาบันการเกษตร และเกษตรกรที่ไม่ได้เป็นสมาชิก ผลการศึกษาปรากฏว่า เกษตรที่ไม่ได้เป็นสมาชิกสถาบันการเกษตรใช้เนื้อที่เพาะปลูก ข้าวโพด-ข้าวฟ่าง เท่ากับ 43.20 ไร่ ข้าวโพด-ข้าว เท่ากับ 8.27 ไร่ และข้าวโพด-ฝ้าย เท่ากับ 5.53 ไร่ ได้รับรายได้สุทธิสูงสุดเท่ากับ 47,211.18 บาท และเกษตรที่เป็นสมาชิกสถาบันการเกษตร ใช้เนื้อที่เพาะปลูก ข้าวโพด-ข้าวฟ่าง เท่ากับ 18.10 ไร่ ข้าวโพด-ถั่วแขก เท่ากับ 28.48 ไร่ ข้าวโพด-ฝ้าย เท่ากับ 0.39 ไร่ และ ข้าวโพด-งา เท่ากับ 11.09 ไร่ ได้รับรายได้สุทธิสูงสุดเท่ากับ 58,248.48 บาท

กนก คติการ (2524) ได้ศึกษาความเสี่ยงและความไม่แน่นอนของรายได้ของเกษตรกรในภาคกลางของประเทศไทย เพื่อทดสอบสมมติฐานพฤติกรรมของเกษตรที่ว่า เกษตรกรไทยมีพฤติกรรมที่ไม่อยากเสี่ยง (Risk Averse) จริงหรือไม่ โดยใช้วิธี Quadratic Programming ผลการศึกษาพบว่า ผลผลิตข้าวเฉลี่ยของปี 2511-2518 ในเขต 7 ได้เท่ากับ 401 พันตัน ซึ่งอยู่ระหว่างผลผลิตข้าว จากการวางแผนปลูกพืชเพื่อลดการเสี่ยงภัย คือประมาณ 310 ถึง 520 พันตัน ซึ่งสามารถทำรายได้ประมาณ 1,500 ถึง 2,000 ล้านบาท ถ้าหากรายได้เพิ่มขึ้นการ การเปลี่ยนแปลงของความเสี่ยงภัยจะเพิ่มขึ้นมากกว่ารายได้ที่เพิ่มขึ้น จึงสรุปได้ว่า พฤติกรรมของเกษตรในเขต 7 วางแผนปลูกพืชแบบไม่อยากจะเสี่ยงภัย (risk averse) จริงตามสมมุติฐานที่วางไว้ และการศึกษาในเขตเศรษฐกิจที่ 11, 12, 13, 14, 15 และ 16 ก็ได้ผลเป็นเช่นเดียวกัน

เอื้อ ศิริจินดา (2532) ศึกษาการวางแผนการเพาะปลูกภายใต้สถานการณ์แห่งความเสี่ยงในเขตเศรษฐกิจที่ 2 ปีเพาะปลูก 2527/28 โดยใช้แบบจำลองการเสี่ยงแบบ MOTAD พบว่า แผนการเพาะปลูกที่ได้จากแบบจำลอง MOTAD จะแสดงการตอบสนองต่อตัวแปรความเสี่ยงไม่ว่าจะเป็นทางด้านราคาหรือผลผลิตได้เป็นอย่างดี และในการวางแผนการเพาะปลูกในเขตเศรษฐกิจใดก็ตามที่มีความเสี่ยงทางด้านราคาและผลผลิตมาก ควรจะใช้วิธีวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองการเสี่ยงเช่น MOTAD มากกว่าแบบจำลอง Linear Programming ธรรมดา เพราะจะได้ผลการวิเคราะห์ที่ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงมากกว่า โดยผลการศึกษาพบว่า แผนการผลิตที่เหมาะสมที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลอง MOTAD จะแนะนำให้ทำการปลูก ข้าวโพด ถั่วเขียว และมันสำปะหลังแทนการปลูกฝ้าย ซึ่งเป็นพืชที่มีความเสี่ยงภัยสูง แต่ถ้าผู้ผลิตเป็นผู้ที่มีนิสัยยอมรับความเสี่ยงได้สูง หรือไม่สนใจตัวแปรทางด้านความเสี่ยง ผู้ผลิตจะเลือกแผนการผลิตที่แนะนำให้ทำการปลูกฝ้าย เพราะฝ้ายเป็นพืชที่ให้ผลตอบแทนสูง ผลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบจำลองการเสี่ยงแบบMOTAD ที่ได้จากการวิเคราะห์ในครั้งนี้ จะแสดงให้เห็นว่าการปรับตัวของแผนการเพาะปลูกที่เหมาะสมต่อระดับการยอมรับความเสี่ยงของเกษตรกร

ประทีป เพ็ชรขาว (2533) ได้ศึกษาหาแผนการผลิตที่เหมาะในพื้นที่จังหวัดลำพูน โดยพิจารณาภายใต้ความเสี่ยงทางด้านราคา ผลผลิตและรายได้ พร้อมกัน ซึ่งพบว่า แผนการเพาะปลูกที่ได้รับจะให้รายได้สูงที่สุดโดยมีความเสี่ยงน้อยที่สุด รวมทั้งได้ทำการวิเคราะห์หาแผนการผลิตที่ไม่คำนึงถึงความเสี่ยงโดยใช้แบบจำลอง Linear Programming ผลการวิเคราะห์พบว่าแผนจำลอง MOTAD ที่นำเอาความเสี่ยงเข้ามาพิจารณานั้นจะมีความใกล้เคียงกับสภาพการเพาะปลูกจริงของเกษตรกรในจังหวัดลำพูนมากกว่าแผนการเพาะปลูกที่ได้รับจากแบบจำลอง Linear Programming ซึ่งแสดงให้เห็นว่าเกษตรกร จังหวัดลำพูนทำการเพาะปลูกโดยต้องการที่จะลดความเสี่ยงของรายได้ที่เกิดจากแผนการเพาะปลูกที่เหมาะสมให้อยู่ในระดับต่ำโดยมีรายได้พอสมควรระดับหนึ่งมากกว่าที่จะต้องการรายได้สูงที่สุดเพียงอย่างเดียว และชี้ให้เห็นว่า พื้นที่ที่มีความเสี่ยงจากการผลิต ราคา และรายได้นั้นควรใช้แบบจำลองความเสี่ยง เช่น MOTAD ซึ่งจะได้แผนการเพาะปลูกที่ดีกว่าแบบจำลอง Linear Programming

พินิจ กุลมงคล (2533) ศึกษาถึง การหาแนวทางและเงื่อนไขในการเพิ่มการผลิตถั่วเหลืองในเขตเกษตรเศรษฐกิจที่ 13 ภายใต้สถานการณ์ที่ไม่คำนึงถึงความเสี่ยงโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์แบบจำลอง Linear Programming และสถานการณ์ที่คำนึงถึงความเสี่ยงโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์แบบ MOTAD (Minimization of the Total Absolute Deviations) พบว่า การวางแผนการผลิตที่เหมาะสมโดยใช้วิธีการของ Linear Programming จะเห็นได้ว่าการผลิตถั่วเหลืองในช่วงฤดูแล้งของเขตเกษตรเศรษฐกิจที่ 13 ไม่สามารถจะแข่งขันกับพืชคู่แข่งขันอื่น ๆ ได้เลย ถ้าหากจะแข่งขันกับพืชคู่แข่งขันอื่น ๆ ได้ก็ต้องเพิ่มราคาถั่วเหลืองให้สูงขึ้น หรือปรับปรุงการผลิตถั่วเหลืองในช่วงฤดูแล้งให้มีผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่เพิ่มขึ้นสำหรับแผนการผลิตที่เหมาะสมโดยวิเคราะห์จากแบบจำลองของการเสี่ยงแบบ MOTAD พบว่าเมื่อคำนึงถึงความเสี่ยงด้านรายได้แล้ว การผลิตถั่วเหลืองในเขตเกษตรเศรษฐกิจที่ 13 สามารถขยายการผลิตออกไปได้ทั้งในช่วงฤดูฝน และช่วงฤดูแล้ง และผลของการวิเคราะห์ได้ชี้ให้เห็นถึงความมีศักยภาพในการส่งเสริม และขยายการผลิตถั่วเหลืองได้ดีกว่าแผนการผลิตที่ไม่คำนึงถึงความเสี่ยง

กาญจนา พันธุ์ติยะ (2534) ศึกษาแผนการผลิตที่เหมาะสมของจังหวัดนครราชสีมา โดยใช้วิธีการสร้างแบบจำลอง Linear Programming ในการวางแผนการเพาะปลูกที่เหมาะสมภายใต้สถานการณ์ที่ไม่คำนึงถึงความเสี่ยงและการใช้วิธีการสร้างแบบจำลอง MOTAD ในการวางแผนการผลิตพืชที่เหมาะสมภายใต้สถานการณ์ที่คำนึงถึงความเสี่ยง ซึ่งพืชที่อยู่ในแผนการผลิตคือ ข้างเจ้านาปี ข้าวเหนียวนาปี ข้าวโพด ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ฝ้าย มันสำปะหลัง อ้อยโรงงาน ผลการศึกษาพบว่า แบบจำลองการเสี่ยงแบบ MOTAD ในการวิเคราะห์ภายใต้สถานการณ์ความเสี่ยงทางด้านรายได้พบว่า แผนการผลิตพืชที่เหมาะสมจะมีหลายแผน ขึ้นอยู่กับระดับการยอมรับความเสี่ยงของผู้ผลิต แผนการผลิตพืชที่เหมาะสมที่มีระดับความเสี่ยงสูงจะแนะนำให้ผลิตฝ้าย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ถั่วเหลือง และถั่วเขียว เนื่องจากพืชเหล่านี้จะให้ผลตอบแทนค่อนข้างสูงกว่าพืชอื่น ๆ ส่วนแผนการผลิตพืชที่เหมาะสมภายใต้ระดับความเสี่ยงต่ำจะแนะนำให้ผลิตมันสำปะหลัง อ้อยโรงงาน และถั่วลิสงแทน

อัมพร ใจบุญ (2534) ศึกษาถึงแผนการผลิตที่เหมาะสมภายใต้สถานการณ์แน่นอนและการเสี่ยงในเขตเกษตรเศรษฐกิจที่ 19 เพื่อจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่อย่างมีประสิทธิภาพ และศึกษาผลกระทบของนโยบายที่เปลี่ยนไปที่มีผลต่อแผนการผลิตพืชในเขตเกษตรเศรษฐกิจที่ 19 โดยใช้แบบจำลอง Linear Programming และ MOTAD เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ พบว่าแผนการผลิตที่เหมาะสมสำหรับเขตเกษตรเศรษฐกิจที่ 19 ที่ได้จากแบบจำลอง Linear Programming

ชี้ให้เห็นว่าข้าวนาปี ถั่วลิสง มันสำปะหลัง และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นพืชที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกส่วนข้าวนาปรังไม่สามารถแข่งขันกับถั่วลิสง แผนการผลิตที่เหมาะสม ที่ได้จากแบบจำลอง MOTAD ชี้ให้เห็นว่าการผลิตพืชในปัจจุบันของเขตนี้มีการเสี่ยงสูง และนโยบายของรัฐบาล ในการลดพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังในเขตนี้ และปลูกพืชทดแทนปรากฏว่า เมื่อราคามันสำปะหลังลดลงเหลือ 0.30 บาท/กิโลกรัม ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จะเป็นพืชที่สมควรจะปลูกทดแทน

เยาวรี บุญภิรักษ์ (2535) ศึกษาวิเคราะห์หาแผนการผลิตที่เหมาะสมของเกษตรกรในหมู่บ้างรางตาบุญ ตำบลทุ่งลูกนก อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยใช้แบบจำลอง Linear Programming เพื่อหาแผนการผลิตที่เหมาะสมภายใต้สถานการณ์ที่ไม่คำนึงถึงความเสี่ยง และใช้วิธีการสร้างแบบจำลองการเสี่ยง MOTAD ในการแผนการผลิตพืชที่เหมาะสมภายใต้สถานการณ์ที่มีความเสี่ยง ผลการศึกษาพบว่า ผลจากการใช้แบบจำลอง Linear Programming ในการวิเคราะห์ได้เสนอแนะว่า แผนการผลิตที่เหมาะสมในระยะเวลา 3 ปี ต่อเนื่องกัน สำหรับฟาร์มขนาดเล็ก ควรปลูกข้าวนาปี และข้าวนาปรังเต็มพื้นที่มีอยู่ในที่ดินที่ลุ่มในที่ดินที่ดอน ควรปลูกข้าวโพดฝักอ่อนและพืชผักเท่านั้น ซึ่งจะทำให้รายได้ในระยะเวลา 3 ปี สูงที่สุด สำหรับฟาร์มขนาดใหญ่ แผนการผลิตได้แนะนำให้ปลูกข้าวนาปี และข้าวนาปรังเต็มพื้นที่ที่อยู่ในที่ดินที่ลุ่ม แนะนำให้ผลิตทั้งอ้อย ข้าวโพดฝักอ่อน และพืชผัก ในที่ดินที่ดอน โดยจะทำให้ได้ผลตอบแทนสุทธิในระยะเวลา 3 ปี สูงสุด และผลที่ได้จากการวิเคราะห์ได้ให้ข้อเสนอแนะว่าเกษตรกรควรจะมีการปรับแผนการผลิตพืชในปัจจุบัน เพื่อให้เหมาะสม สอดคล้องกับสถานการณ์การผลิตและการตลาดที่เปลี่ยนแปลง เช่น ลดพื้นที่ปลูกอ้อยลง เพื่อจะมีพื้นที่สำหรับปลูกข้าวโพดฝักอ่อนเพิ่มขึ้น ผลจากการใช้แบบจำลองการเสี่ยงแบบ MOTAD ในการวิเคราะห์ภายใต้สถานการณ์ความเสี่ยงทางด้านรายได้ของฟาร์มตัวแทนทั้งสองขนาด พบว่า แผนการผลิตที่เหมาะสมจะมีหลายแผนขึ้นอยู่กับระดับรายได้ขั้นต่ำของเกษตรกรที่จะสามารถดำรงชีพอยู่ได้ว่าอยู่ในระดับใด แผนการผลิตพืชที่เหมาะสม ณ ระดับรายได้ขั้นต่ำสุด จะแนะนำให้ผลิตอ้อย เนื่องจากเป็นพืชที่มีความเสี่ยงน้อย ถึงแม้ว่าให้ผลตอบแทนต่ำกว่าพืชชนิดอื่น ส่วนแผนการผลิตที่เหมาะสม ณ ระดับรายได้ขั้นต่ำเพิ่มขึ้นสูงสุด จะแนะนำให้ผลิตข้าวโพดฝักอ่อนและพืชผัก

วรากร ทองกวาว (2537) ศึกษาถึงสภาพโดยทั่วไปของพื้นที่และสภาพการผลิตพืชของเกษตรกรในเขตจังหวัดลพบุรี ปีการเพาะปลูก 2537/38 และทำการวิเคราะห์หาแผนการผลิตพืชที่เหมาะสมภายใต้สถานการณ์ความเสี่ยง และวิเคราะห์ผลกระทบที่มีต่อแผนการผลิตพืชจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อการใช้ปัจจัยการผลิตบางตัว โดยใช้แบบจำลองความเสี่ยงที่ประยุกต์ขึ้นใหม่จากแบบจำลอง MOTAD เดิม ทำให้ได้รับแผนการผลิตพืชที่เหมาะสมหลายแผนขึ้นอยู่กับระดับค่าสัมประสิทธิ์หลีกเลี่ยงความเสี่ยงของแผนว่าอยู่ในระดับใด พบว่าแผนการผลิตพืชที่ระดับค่าสัมประสิทธิ์หลีกเลี่ยงเท่ากับ 1.5 ได้แนะนำให้ทำการผลิตพืชได้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงในอดีตมากที่สุด ในขณะที่แผนการผลิตที่ไม่ได้คำนึงถึงความเสี่ยงจะแนะนำให้ทำการผลิตพืชได้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงในอดีตที่น้อยกว่า

Markowitz (1952) ศึกษาเกี่ยวกับการตัดสินใจในเรื่องของรายได้ที่ที่เกษตรกรคาดว่าจะได้รับเมื่อคำนึงถึงความเสี่ยง โดยใช้ Lncome-Variance เป็นตัวแทนของความเสี่ยงโดยใช้วิธีการ Quadratic Programming ผลการศึกษาพบว่า แผนการผลิตที่ได้รับจะเป็นแผนการผลิตที่อยู่บนเส้น E-V Frontier

Hazell (1971) ได้นำเอาวิธีการของ Markowitz มาศึกษาต่อ โดยนำเอาวิธีการ Linear Programming มาประยุกต์ใช้แทน Quadratic programming โดยนำเอาค่าสัมบูรณ์ของส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย (Mean absolute Deviation: A) ของรายได้ที่เกษตรกรคาดว่าจะได้รับมาเป็นตัวแทนของความเสี่ยงซึ่งเรียกว่าแบบจำลอง MOTAD (Minimization of Total Absolute Deviation) ผลการศึกษาปรากฏว่า แผนการผลิตที่ได้จากแบบจำลอง MOTAD จะคล้ายคลึงกับแผนการผลิตที่ได้จาก Quadratic Programming ณ ระดับความเสี่ยงต่าง ๆ กัน แต่จะได้เปรียบวิธีการ Quadratic Programming เนื่องจากแบบจำลองนี้มีวิธีการคำนวณที่ง่ายกว่า ทำให้ประหยัดเวลาและค่าใช้จ่าย และแบบจำลองนี้ไม่มีข้อจำกัดกรณีที่ ข้อมูลต้องมีการแจกแจงแบบปกติเหมือนกับแบบจำลอง Quadratic Programming ทำให้สามารถใช้คำนวณปัญหาที่มีความซับซ้อนยุ่งยากมากกว่าได้

Duloy และ Norton (1975) ได้แสดงเทคนิคในการใช้วิธีลิเนียโปรแกรมมิ่งเพื่อคำนวณหาคำตอบโดยประมาณ (Approximation) ของแบบจำลองดุลยภาพของตลาดแข่งขันและไม่แข่งขัน ซึ่งมีลักษณะที่แท้จริงของแบบจำลองเป็นแบบจำลองนอนลิเนียโปรแกรมมิ่ง เทคนิคที่ใช้เรียกว่า กริด-ลิเสียไรเซชั่น ซึ่งเป็นเทคนิคที่ประยุกต์ขึ้นโดย Miller หลักการโดยทั่วไปคือ ดุลยภาพของตลาดจะเกิดขึ้น ณ จุดที่ได้รับส่วนเกินของผู้บริโภคสูงที่สุด (Maximum Consumer Surplus) ใน

ตลาดแข่งขันโดยสมบูรณ์ และ ณ จุดที่ได้รับกำไรสูงที่สุด (Maximum Producer Profit) ในตลาดแข่งขันกึ่งผูกขาด ดังนั้นฟังก์ชั่นวัตถุประสงค์และบางสมการข้อจำกัดจึงเป็นนอนลิเนียฟังก์ชั่น การแสดงเทคนิค กริด-ลิเนียไรเซชั่น เริ่มจากในกรณีมีสินค้า 2 ชนิดไม่ทดแทนกันไปจนในท้ายที่สุดได้แสดงกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลง (Rotation) เส้นอุปสงค์ สาระพอเป็นสังเขปของเทคนิคนี้คือ การแยก (Separated) อุปสงค์และอุปทาน ออกเป็นส่วนย่อย (Segments) หลาย ๆ ส่วน สร้างเวคเตอร์ (Vectors) ของกิจกรรมขึ้นแทนแต่ละจุดแบ่งบนอุปสงค์และอุปทานเมื่อกำหนดเวคเตอร์เหล่านี้เข้าไปในแบบจำลองลิเนียโปรแกรมมิ่งภายใต้ข้อจำกัด Convex Combination หรือ Concave Combination (ให้กิจกรรมที่สร้างขึ้นใหม่ให้ผลลัพธ์หรือคำตอบที่กิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่ง) แล้วแบบจำลองลิเนียโปรแกรมมิ่งใหม่นี้จะให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบของแบบจำลองนอนลิเนียโปรแกรมมิ่งเดิม

Schurle and Erven (1979a) มีความสงสัยเกี่ยวกับคุณภาพของการตัดสินใจใช้ขอบเขตการผลิตที่มีประสิทธิภาพ (Efficient Frontier) จึงได้พัฒนาแบบจำลอง MOTAD สำหรับฟาร์มในรัฐ Ohio ขนาด 600- acre ซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมการผลิตข้าวโพด ถั่วเหลือง ข้าวสาลี การใช้เครื่องจักรเก็บเกี่ยวมะเขือเทศและแตงกวา และยังได้รวมเอากิจกรรมการจ้างแรงงาน ความสามารถของเครื่องจักร และระยะเวลาการปลูกพืชฤดูใบไม้ผลิและการเก็บเกี่ยวเข้าไปด้วย แผนการผลิตที่มีประสิทธิภาพในสถานการณ์เสี่ยงได้มาจากแบบจำลองที่นำมาเปรียบเทียบกับขอบเขตการผลิตที่เป็นไปได้ที่ห่างไปจากความเสี่ยงเพียงเล็กน้อย พวกเขาพบว่ามีความแตกต่างอย่างมากระหว่างกิจกรรมการผลิต (Activity) และระดับของกิจกรรม (Activity Level) แม้ว่าความแตกต่างของความเสี่ยงจะมีเพียงเล็กน้อย แต่การค้นพบนี้ได้ก่อให้เกิดความสนใจที่จะวัดความน่าเชื่อถือของแบบจำลอง MOTAD ต่อไป

MeCarl และ Tice (1980) ได้สรุปวิวัฒนาการของเครื่องมือ (Software) ที่จะใช้ในการคำนวณคำตอบของแบบจำลองกำลังสอง (Quadratic Programming) และได้สรุปถึงสาเหตุของการที่วิธีการและเครื่องมือเหล่านี้ไม่แพร่หลายไว้ว่าเนื่องมาจากการที่ไม่สามารถเชื่อมโยง (Transferred) ภาษาคำสั่งให้สอดคล้องกับเครื่องคำนวณ (Hardware) ได้ จากปัญหาดังกล่าวนี้ การประมาณค่า (Approximation) ด้วยเครื่องมือของลิเนียโปรแกรมมิ่ง (LP-Software) จึงยังคงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจอยู่ วิธีการประมาณค่ามีหลายวิธี แต่ละวิธีก็เหมาะสมไปตามสภาพของแบบจำลองเดิม การตัดสินใจว่าควรจะคำนวณคำตอบด้วยวิธีการทางตรงหรือการประมาณค่า ก็อาจพิจารณาได้จาก 3 ประเด็น คือ (1) ความคลาดเคลื่อนของคำตอบจากวิธีการคำนวณโดยตรงกับวิธีประมาณค่า

โดยวิธีลิเนียโปรแกรมมิ่งไม่ควรถือเป็นข้อผิดพลาด (Eror) ของวิธีประมาณค่า เพราะโดยแท้แล้ววิธีนอนลิเนียโปรแกรมมิ่ง (หรือ QP) ก็เป็นวิธีประมาณค่าของสถานการณ์ที่แท้จริงเช่นกัน เมื่อไม่ทราบว่าคำตอบที่แท้จริงเป็นอย่างไร ก็ย่อมไม่อาจระบุได้ว่าคำตอบจากวิธีประมาณค่าผิดพลาดมากไปกว่าคำตอบจากวิธีคำนวณโดยตรง (2) แม้ว่าที่จริงแล้ววิธีการคำนวณของลิเนียโปรแกรมมิ่งจะมีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีการคำนวณของนอนลิเนียโปรแกรมมิ่งแต่ขนาดของแบบจำลองที่จะใช้ประมาณค่าจะใหญ่กว่าแบบจำลองเดิม นี่คืออีกประเด็นที่ควรพิจารณาเพราะการคำนวณแบบจำลองที่มีขนาดใหญ่กว่าย่อมผิดพลาดได้ง่ายกว่าเช่นกัน (3) การเปรียบเทียบทางด้านอุปกรณ์และเครื่องมือที่สามารถเป็นประโยชน์ได้ (Available) และจำนวนเวลาที่ต้องใช้บุคลากร (Human Time) ซึ่งโดยปกติอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้คำนวณโดยตรงมักหาได้ยากกว่าแต่การคำนวณโดยการประมาณอาจใช้เวลา บุคลากรมากกว่า อาจสรุปเป็นหลักการได้ว่าแบบจำลองที่มีขนาดเล็กและ/หรือที่มีฟังก์ชั่นกำลังสอง (นอนลิเนียฟังก์ชั่น) มากสมควรที่จะใช้วิธีการคำนวณทางตรง และสำหรับในกรณีแบบจำลองมีขนาดใหญ่แต่มีฟังก์ชั่นกำลังสองน้อยสมควรที่จะใช้วิธีการคำนวณโดยการประมาณ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ Chiang Mai University