



홈페이지 바로가기

2026

연금이슈 & Pension Issue & Trends Analysis 동향분석



제119호 2026. 05. 30.

은퇴 설계를 위한 각국의 디지털 툴(Digital tools)
운영현황과 시사점

성혜영 연구위원

금융위기 포착에 관한 조기경보시스템의 의미와
방법론적 고찰

이은광 부연구위원

contents

I. 은퇴 설계를 위한 각국의 디지털 툴(Digital tools)	3
운영현황과 시사점	
1. 들어가며	3
2. 각국의 은퇴 설계 디지털 툴 사례	4
3. 요약 및 시사점	8
II. 금융위기 포착에 관한 조기경보시스템의 의미와	9
방법론적 고찰	
1. 들어가며	9
2. 조기경보시스템 도입 목표 및 선행 사례	10
3. 조기경보체계 상 주요 모형	14
4. 나가며	17

은퇴 설계를 위한 각국의 디지털 툴(Digital tools) 운영현황과 시사점



성혜영
연구위원

1 들어가며

■ ISSA의 은퇴 설계 디지털 툴 소개 리포트 발표

- 최근 ISSA(International Social Security Association)는 회원 기관들이 사용하고 있는 은퇴 설계 디지털 툴을 소개하는 리포트를 발표함
- 은퇴 예정자들의 노후준비 편의성을 제고하고 의사결정을 지원하는 이러한 도구들은 각종 정보와 미래에 대한 예측을 제공할 뿐만 아니라 은퇴에 대한 심리적 자신감을 고취할 수 있다는 점에서 긍정적이라고 평가하고 있음

■ 본 고의 내용과 목적

- 본 고에서는 해외 공적연금 기관 및 공공기관이 활용하고 있는 은퇴 설계 디지털 툴을 소개하고 이에 대한 시사점을 도출하고자 함
- 국민연금공단은 타 국가들에 비해 비교적 이른 시기에 공사연금 통합조회 및 예상연금 서비스를 시작하여 운영 중임
- 후발주자로 개발한 타 국가들의 사례를 통해 국민연금공단이 활용하는 시스템의 개선점은 무엇인지 고민해 보고자 함

* ISSA 리포트에 포함된 사례 및 그 외 영국과 호주의 사례를 확인하고 시사점을 도출하고자 함

2

각국의 은퇴 설계 디지털 톨 사례

■ 독일 연방연금공단(Deutsche Rentenversicherung Bund; DRV Bund)의 통합연금조회 시스템

- 2020년 독일 정부는 공적연금과 퇴직연금 및 사적연금 권리에 대한 정보를 제공하기 위한 목적으로 ‘디지털 통합연금조회 시스템에 관한 법률’을 승인하였음
- 독일 연방연금공단은 해당 시스템의 구축을 위해 산하에 중앙 디지털 연금사무소(Zentrale Stelle)를 설립함
 - 중앙 디지털 연금사무소가 통합연금조회 시스템을 개발하였으며 2024년에는 공적 및 사적연금 정보를 연결할 수 있는 권한을 규정하기 위해 추가적인 법령을 발표함
- 통합연금조회 시스템을 통해 개인별로 공·사적연금 권리의 현 상태 및 누적된 연금액을 한 곳에서 확인할 수 있게 되었음
 - 연방 부처들과 소비자 단체, 금융산업 관련 협회 등이 공동 위원회를 구성하여 데이터를 제공하고, 공적연금 기관들을 먼저 연결하여 기술 표준을 확정한 뒤 퇴직연금과 개인연금 제도들이 추가적으로 등록함
 - 이용을 원하는 이들은 자신의 납세번호를 입력하고 인증서를 활용해야 함
 - 국민 개개인은 이 시스템을 활용해 자신의 재정상황을 평가하고 은퇴 자금을 관리하는데 도움을 받을 수 있으며 공·사적연금 수급권을 개별적으로 파악할 수 있음

■ 스웨덴 연금청(Pensionsmyndigheten) 내 연금(minPension)

- 스웨덴 연금청은 공적연금뿐만 아니라 퇴직연금과 개인연금의 미래 급여를 통합적으로 예측할 수 있도록 하기 위해 웹사이트 ‘내 연금(minPension)’을 운영 중임
 - 1998년 연금개혁 당시 전문가들은 복잡해진 연금정보를 국민에게 전달할 수 있는 시스템 개발이 필요하다고 제안하였고 5년간의 준비과정을 거쳐 2004년 11월 운영을 시작함
 - ‘내 연금’의 개발 목적은 공적연금 뿐만 아니라 퇴직연금과 개인연금의 미래 급여를 통합적으로 예측하기 위한 것임
 - 가입자들은 미래 연금수급 연령에 도달하였을 때 자신의 예상 연금소득과 현재까지의 기여금 총액을 확인할 수 있으며 수익률과 임금 상승률, 그리고 연금 수령 시기를 바꾸어 조회해 봄으로써 미래 연금액을 추정하는 것이 가능함

■ 일본 후생노동성의 공적연금 시뮬레이터(公的年金シミュレーター)

- 일본 후생노동성은 2022년부터 공적연금액을 개인별로 예측할 수 있는 시뮬레이터를 개발하고 서비스를 시작하였음
 - 웹사이트(<https://nenkin-shisan.mhlw.go.jp>)를 이용하거나 휴대폰 앱을 다운로드 받아 확인할 수 있음
- 공적연금 시뮬레이터의 개발 목적은 개인의 생애 기간 달라지는 노동형태와 생활방식에 따라 미래에 받을 수 있는 연금액을 쉽게 추정할 수 있도록 하는 것임
- 연금 납입 기간이나 조건 설정은 모두 개인의 입력값에 의존하기 때문에 개인정보를 요구하지 않으며 데이터는 자동 삭제되는 형식을 취함
 - 단순한 추정을 목적으로 하므로 실제 연금액과 반드시 일치하지 않음, 즉 독일이나 스웨덴처럼 납세번호와 같은 개인의 고유 번호를 통해 실제 가입기간과 납부액 정보를 확인하고 미래 급여액과 연금권을 점검할 수 있는 것과는 차이가 있음
 - 계산 조건에 따라 연금액이 과대 평가되거나 과소 계산될 수 있으므로 노령연금 기대 금액을 더 정확하게 확인하기 위해서는 후생노동성의 별도 시스템을 이용해야 함
- 일본의 공적연금 시뮬레이터는 현재 기초연금과 후생연금의 노령연금에만 적용되고 있으며 향후 서비스 확대를 모색 중임
 - 후생노동성이 운영하는 개인연금인 i-deco와 기초연금 및 후생연금의 장애연금에도 확대하기 위해 시범 운영 중임

■ 싱가포르 중앙공제기금(The Central Provident Fund; CPF)의 은퇴플래너(PLAN with CPF)

- 싱가포르의 핵심 사회보장기관인 중앙공제기금은 국민들이 생애 단계별로 재무상태를 확인하고 은퇴계획을 수립할 수 있도록 돕기 위해 웹사이트 내 은퇴플래너(PLAN with CPF)를 운영 중임
 - 이용자들은 미래 지출을 예상해 은퇴 자금 목표를 설정하고 현재의 기여금으로 이 목표를 달성할 수 있는지 예측할 수 있음
 - 기여금을 늘리거나 연금 수급 시기 조정을 시뮬레이션하여 지급액에 미치는 영향을 확인할 수 있게 함
 - 재무부와 공동으로 개발한 재무상태 점검 설문지와 교육 자료도 함께 제공하고 있음
- 기여금의 실제 잔액을 기반으로 운영되는 서비스이며 실제 누적된 데이터를 기반으로 개별적 은퇴계획을 할 수 있는 시스템이므로 개인 식별 인증서를 활용해 이용해야 함

■ 영국 MPS(Money & Pensions Service)의 머니헬퍼(MoneyHelper pensions tools)

- 영국의 MPS는 노동 및 연금부(Department for Work and Pensions)의 후원을 받는 독립 기관으로 금융상담 및 재무설계 서비스를 제공하던 기존 3개 기관*을 2019년부터 통합해 운영 중임

* 대면 금융상담 기관인 Pension Wise, 전화 상담기관인 The Pension Advisory Service, 광범위한 금융 교육 및 상담을 실시하는 The Money Advice Service 가 통합됨

- 영국인들이 일생에 걸쳐 효과적인 재정결정을 내리는데 필요한 정보와 지침을 자유롭게 접근할 수 있도록 하는 것에 목적이 있으며 공적연금 기관과 금융기관의 공동 자금을 활용해 무료로 운영됨
- 머니헬퍼는 MPS의 웹사이트 내에 만들어진 디지털 은퇴 설계 도구이며 실제 데이터를 바탕으로 한 연금계산기와 개인의 입력값에 의존하는 시뮬레이터의 2가지 종류를 제공하고 있음
 - 개인별 실제 데이터로 은퇴 시 예상 연금액을 예측할 때에는 공적연금인 국가연금(State Pension)의 연금액과 확정급여 및 확정기여형 사적연금의 예상연금액 등 모든 공·사적연금을 한 곳에서 확인할 수 있음
 - 검토한 다른 국가들의 은퇴 설계 도구들과 마찬가지로 은퇴 목표를 설정하고 연금액을 확인하는 방식이며 은퇴 연령을 조절하였을 때 연금액에 미치는 영향을 확인할 수 있음
 - 또한, 기여금을 증액하거나 사적연금의 일시금 인출의 영향을 확인하는 새로운 기능을 추가하여 2026년 현재 시범 운영 중이며 이 서비스를 이용하는 경우 10£(약 2만 원)을 이용자에게 바우처로 지급하여 활용도 제고에 힘쓰고 있음
 - 시뮬레이터는 일본의 경우와 마찬가지로 개인이 임의로 연금 납입 기간과 조건을 설정하기 때문에 개인정보를 요구하지 않음
 - 그 밖에 확정기여형 연금에 관해 무료 상담을 예약할 수 있는 툴도 제공하고 있음

■ 호주 연방정부 'MoneySmart' 의 은퇴플래너(Retirement Planner)

- 'MoneySmart'는 호주투자위원회(ASIC; Australian Security and Investment Commission)가 제공하는 호주 연방정부 웹사이트로 개별 국민들이 가계재무를 관리하며 적절한 은퇴준비를 할 수 있도록 돕는데 그 목적이 있음
- 해당 사이트 내에서 은퇴플래너(Retirement Planner)를 비롯해 호주 퇴직연금인 Superannuation 계산기를 제공함

- 은퇴 자금 목표를 설정하고 호주의 공적연금인 노령연금(Age pension)과 퇴직연금을 통해 어느 정도의 노후자산을 확보할 수 있는지 추정함
- 퇴직연금을 활용해 노후소득을 증가시키는 방법을 확인하며 수급시기와 수급액을 조정을 계획해 볼 수 있음
- 해당 은퇴플래너는 개인별 실제 데이터를 기반으로 하지 않기 때문에 개인 식별 인증서는 요구되지 않으며 자신의 근로 기간과 소득, 퇴직연금에 납부하고 있는 금액을 정확히 입력해야 유용한 결과를 얻을 수 있음

■ 한국 국민연금공단(NPS) 공사연금 통합조회 및 예상연금액 조회

- 국민연금공단은 중앙노후준비지원센터 웹사이트를 통해 ‘공·사연금 통합조회’ 서비스와 국민연금 ‘예상연금액조회’ 서비스를 이용할 수 있음
- 공·사연금 통합조회는 국민연금 및 타 직역연금, 퇴직연금, 개인연금, 주택연금, 농지연금의 실제 가입 이력을 한번에 확인할 수 있는 시스템임
 - 개인 인증서를 활용해 현재 준비되어 있는 노후자금 상태를 진단할 뿐만 아니라 부족한 노후 소득에 대해 체계적으로 준비할 수 있도록 유도하는 것이 목적임
- 국민연금 예상연금액조회는 실제 가입 및 납부한 국민연금 보험료와 향후 예상 납부보험료를 바탕으로 미래 예상 연금액을 산출하며 소득과 가입 기간을 수정하여 다시 연금액을 조회해 볼 수 있음
- 그 밖에 간단재무설계 툴을 활용해 필요 노후자금을 입력하고 시뮬레이션을 해볼 수 있으며 이용자는 노후준비 대면 상담 신청도 가능함

<표> 국가별 은퇴 설계 디지털 툴 특징

기관	개인별 실제 데이터 활용 여부	정보 제공 영역
독일 연방연금공단	실제 납부 이력 활용	공·사적연금 통합정보
스웨덴 연금청	실제 납부 이력 활용	공·사적연금 통합정보
일본 후생노동성	임의 입력에 의한 시뮬레이션	공적연금 한정
싱가포르 중앙공제기금	실제 납부 이력 활용	공·사적연금 통합정보
영국 Money & Pensions Service	실제 납부 이력 활용 + 시뮬레이터	공·사적연금 통합정보
호주 MoneySmart	임의 입력에 의한 시뮬레이터	공·사적연금 통합 시뮬레이션
한국 국민연금공단	실제 납부 이력 활용 + 시뮬레이터	공·사적연금 통합정보, 국민연금 정보

3

요약 및 시사점

■ 은퇴 설계 디지털 툴 개발의 의미와 의의

- 은퇴 설계 디지털 툴의 개발은 다층연금제도의 보편화 이후, 개인이 보유해야 할 재무지식의 중요성이 커짐에 따라 국가적 차원에서 서비스를 제공하고자 하는 노력이라고 볼 수 있음
- 특히, 은퇴 설계 서비스에 상대적으로 관심이 적었던 독일이나 일본의 공적연금 기관이 최근 디지털 툴을 개발하고 해당 정책을 추진한 것은 매우 고무적이라고 할 수 있음

■ 평가와 시사점

- 현재 국민연금공단의 공·사연금통합조회와 예상연금액 시스템은 기능의 다양성 면에서 타국가에 비해 우수한 것으로 판단할 수 있음
- 다만, 현재 퇴직연금 기금 규모의 확장과 공적 기능 강화 요구에 따라 은퇴 설계 툴의 개발과 제공도 경쟁적으로 발전할 가능성이 높음
- 타 국가에 비해 비교적 이른 시기에 서비스를 도입했다는 점에서 장점을 갖고 있으나, 이용자 확대와 편의성 증진은 여전한 과제라고 할 수 있음
 - 활용도나 이용자 만족도를 정기적으로 평가하여 웹사이트 환경을 개선하는 노력 등이 예가 될 수 있음

참고문헌

- ISSA (2026). Supporting retirement planning: From digital tools to behaviourally personalized approaches. Geneva, International Social Security Association.
- 독일연금공단 중앙디지털 연금 사무소(<https://zfdr-vorsorgeeinrichtungen.drv-bund.de>)
- 스웨덴 연금청 '내 연금' www.minpension.se
- 일본 후생노동성 공적연금 시뮬레이터(<https://nenkin-shisan.mhlw.go.jp>)
- 싱가포르 중앙공제기금 The Central Provident Fund (CPF)의 은퇴 플래너 www.cpf.gov.sg/member/plan-with-cpf
- 영국 <https://www.moneyhelper.org.uk/en/pensions-and-retirement/pensions-basics/pensions-calculator>
- 호주 연방정부 Moneysmart(<https://moneysmart.gov.au>)
- 한국 국민연금공단 중앙노후준비지원센터(<https://csa.nps.or.kr/main.do>)

금융위기 포착에 관한 조기경보시스템의 의미와 방법론적 고찰



이은광
부연구위원

1

들어가며

■ 글로벌 자산시장에서 발발한 변동성이 높은 수준을 보인 가운데, 글로벌 금융시장 간 동조화와 시스템 위험의 진화가 거듭됨에 따라 선제적 위험 관리의 중요성이 그 어느 때보다 대두되고 있음

○ Ehrmann et al.(2011)은 글로벌 자산시장은 국가 간, 자산군 간 경계가 허물어지면서 변동성 전이가 점차 심화하는 움직임이 관측됨을 주장

- 이러한 움직임에는 다양한 이유가 내재되어 있으나, 글로벌 자본시장 통합과 더불어 기관 투자자들의 포트폴리오 다변화가 진행됨에 따라 특정 국가나 특정 자산군의 국지적 충격이 타 국가와 다른 자산군까지 전달되는 체계로 점차 변화해 가기 때문
- 자본시장 개방도가 점차 확대되고 자본이동의 제도적 마찰 요인이 감소함에 따라, 단순한 개별자산의 분산을 측정하는 것으로는 모니터링 상 한계를 가지며, 위험 전이의 방향과 강도까지 총체적으로 계측하는 시스템 도입이 중요함
- 선행연구에 따르면 주식, 채권, 외환, 그리고 대체투자(사모, 인프라, 부동산) 등 자산군 간 이질성이 점차 축소되는 현상이 관측될뿐더러, 최근 CPPIB, Dusch and Barsoum(2025) 등을 비롯하여 통합포트폴리오 접근(Total Portfolio Approach) 체계가 자산군 단위의 개별 위험 관리보다 우월하다는 점을 입증하고 있음

- 위와 같이 거시금융 환경 추세는 기존의 분절화된 위험관리 접근 방식에서 벗어나 복잡적이고 통합적인 체계로의 패러다임 전환을 의미하며, 투자자의 관점에서는 국가나 자산군 등 표면적 범주를 넘어선 모니터링 체계 고도화를 요구하고 있음
- 리스크 관리의 본질적 목적은 위험 발현을 사전에 포착하고 선제적으로 대응함으로써 비정상적인 시장 상황에서 손실을 최소화하는 데 있으나, 금융위기의 시점과 정의는 필연적으로 사후적으로 확정된다는 딜레마를 가지기에 시장참여자들은 주어진 맨데이트(Mandate)를 수행하기 어렵다는 한계를 가짐
- 따라서 이와 같은 사전적 목적과 사후적 결과 간 간극을 좁히기 위해 기존보다 고도화된 모니터링 체계가 필수적이며 지속적인 개선이 요구되고 있음
- 결론적으로 조기경보시스템의 정확성 개선이란 최신 계량기법을 활용함으로써 개량된 방법론의 특성과 장점을 실무 운용 과정에 내재화하는 것을 의미함
- 궁극적으로 이는 고(高)변동성 국면 하에서 과거의 위험 관리 체계가 가진 문제를 탈피하고, 동태적이고 전사적인 위험 대응을 가능케 할 것임

2 조기경보시스템 도입 목표 및 선행 사례

■ 주요 의사결정권자들의 조기경보시스템 도입의 목표

- 거시건전성 제고 및 위험의 선제적 차단
 - 금융위기는 실물 경제에 막대한 사회적 비용을 초래하므로, 위기 발생 가능성을 사전에 인지하여 정책적 대응 시차를 확보하기 위함
 - 특히, 은행 위기는 전염 효과가 강해 시스템 전체의 붕괴로 이어질 수 있으므로, 개별 금융기관의 부실이 전체 시스템으로 전이되는 경로를 차단하는 데 중점을 둠

○ 정책 의사결정의 객관성 확보 및 반영

- 위기 징후를 정량화된 지표로 제시함으로써 정책당국이 시장 개입이나 규제 강화의 정당성을 확보하고, 자의적 판단에 따른 실기(失機)와 손실 가능성은 최소화함
- 국제기구의 경우, 회원국의 채무 불이행 가능성을 예측하여 구제금융 지원 여부 및 조건을 결정하는 객관적 준거로 활용함

○ 포트폴리오 하방 위험 관리 및 동태적 자산 배분

- 투자자의 관점에서는 꼬리 위험에 대한 민감도를 높여 비정상적 시장 국면에서의 자산 가치 하락을 방어하고, 위험 가중치 조절을 통한 동태적 대응력을 강화함

■ 주요 주체별 도입 사례

○ 국제통화기금(IMF)의 국가 위기 감시 체계 및 대외 취약성 진단

- IMF는 아시아 금융위기(1990년대 후반) 이후, 특정 국가의 국지적 충격이 신흥국 전체로 확산되는 전염 효과를 선제적으로 제어하기 위해 자체적인 조기경보 모델을 구축하여 운용해 옴
- Oka(2003)에 따르면, IMF는 단순 외환위기 예측을 넘어 회원국의 IMF 대출금 채무 체납 가능성을 사전에 포착하기 위해 다차원적 거시경제 지표와 대외 채무 구조 변수를 유기적으로 결합한 시스템을 설계함
- 이는 위기 발발 이후의 사후적 구제금융 지원이라는 전통적 역할에서 탈피하여, 위기 임박 국가를 조기에 식별함으로써 구제금융 자원 배분의 효율성을 극대화하고 거시경제적 펀더멘털 훼손을 최소화하려는 제도적 목적 함수를 명확히 보여주는 사례임

○ 중앙은행 및 금융 규제 당국의 은행 위기 포착과 시스템 위험 관리

- 영국의 영란은행을 비롯한 주요국 중앙은행과 규제 당국은 개별 금융기관의 미시적 부실이 거시 금융 시스템 전체의 붕괴로 전이되는 경로를 차단하기 위해, 거시-금융 연계성을 반영한 조기경보시스템을 적극 채택하고 있음
- Davis and Karim(2008)은 대규모 글로벌 데이터를 바탕으로 전통적 신호추출법과 다변량 로짓 모형의 은행 위기 예측력을 실증적으로 비교한 결과, 로짓 모형이 은행 위기를 예측하는데 있어 우월할뿐더러, 제1종 및 제2종 오류를 더 효과적으로 통제한다고 주장함

- Schwaab, Koopman, and Lucas(2011)는 동행 지표와 선행 경보 신호를 결합한 통합 프레임워크를 제시하며, 거시경제적 스트레스 국면을 사전에 식별하는 데 있어 고도화된 모형 기반 접근법이 필수적임을 주장함

○ 미국 연방준비제도(Fed)의 선행지표 유효성 검증 및 적용 사례

- Edison(2000)은 신흥국 금융위기를 예측하기 위해 고안된 기존 거시경제 지표(실질 환율의 과대평가, 수출 증가율 둔화, 단기 대외 부채 비중 증가 등)들이 위기 포착에 있어 유효하다고 주장함
- 이는 성공적인 조기경보시스템 구축을 위해서는 단일 지표에 의존하기보다 위기의 파급 경로를 반영한 다차원적 지표의 유기적 결합이 필수적이며, 거짓 신호를 보수적으로 필터링하기 위한 지속적인 모형 검증이 필요함을 주장

■ 복수 구성지표 사용의 한계

○ 정보 과부하 및 노이즈에 따른 판별력 저하 방지

- 다차원적 지표를 포괄적으로 도입할 경우, 변수 간 높은 상관관계로 인한 다중공선성 문제가 발생하며, 위기와 무관한 변동이 신호로 오인되거나 신호 간 상쇄 효과가 나타나는 등 거짓 신호를 양산할 위험이 큼
- Edison(2000)은 1990년대 신흥국 위기 데이터를 바탕으로 수십 개의 구성지표를 검증한 결과, 실질실효환율, 수출, 주가 등 소수의 핵심 변수만이 표본 외 예측에서 일관된 유의성을 보였음을 입증하며, 지표의 양적 확장이 반드시 시스템의 신뢰성 제고로 이어지지 않음을 시사함

○ 모형의 간결성을 통한 실효성 및 정책적 함의 확보

- 모형이나 구성지표가 복잡해질수록 위기 촉발의 동인(動因)(이하, 동인)을 파악하기 어려워질 수 있기에, 정책당국의 신속한 의사결정을 위해서는 모형의 간결성과 핵심 구성지표를 선정해 내는 것이 중요함

■ 통계적 엄밀성 제고를 위한 모형 평가 체계의 고도화

- 초기의 조기경보시스템을 구축한 사례들을 살펴보면 위기를 조기에 포착할 수 있는지에 주안점을 두었으나, 후속 연구들은 정책당국의 손실함수를 모형에 내재화하여 현재 수준의 위기가 금융위기에 부합하는지에 관한 통계적 신뢰성을 확보하는 방향으로 진화해 옴
- Kaminsky, Lizondo, and Reinhart(1998)(이하, KLR)은 위기를 농칠 확률(제1종 오류)과 오경보를 발령할 확률(제2종 오류)에 기반한 신호비율을 처음 제시함
- 이후 Alessi and Detken(2011)는 정책당국의 비대칭적 위험회피 성향을 정량화할 수 있는 기준을 손실함수에 반영한 가운데, 조기경보 신호를 측정하는 방식으로 진화했으며, 이는 표본 외 예측에서도 유효함을 입증함
 - 하지만 실제 정책당국이 느끼는 위기 누락에 의한 손실 규모가 위기 발생 직후 침체기가 평상시 확장기에 비해 다름에도 위험회피 성향을 상수로 가정한다는 점에서 한계를 지님

■ 방법론적 진화의 당위성과 위기 이후 편향 극복

- 전통적인 KLR 모형은 단순성과 직관성을 가졌다는 장점에도 불구하고, 위기 발생 직후의 경제 회복기를 정상 국면과 동일하게 취급하여 모수 추정치를 왜곡시키는 한계가 존재하였음
- Bussiere and Fratzscher(2006)는 이러한 포스트 위기 편향 문제를 선제적으로 언급하고 다항 로짓 모형을 도입함
 - ‘정상/위기 임박/위기 이후 회복’이라는 세 가지 경제 국면으로 세분화함으로써, 변수의 왜곡을 통제하고 위기의 강도, 시점, 그리고 구조적 변화까지 포괄하는 모니터링 체계를 구축함
 - 이는 실무적 위기관리 주체들에게 단순 이항 모형의 편향을 교정한 개선 방안을 제안하였음

3 조기경보체계 상 주요 모형

- 본 장에서는 앞서 살펴본 조기경보체계의 제도적 목적을 달성하기 위해, 실무적으로 고려해야 할 주요 계량 모형과 다차원적 지표 구성의 원칙에 관하여 살펴보하고자 함
- 선행연구에 따르면 조기경보시스템 구성 체계는 크게 모형접근법, 위기 동인에 기반한 다차원적 지표 구성, 임계치 최적화 및 신호 판별의 통계적 엄밀성으로 구분됨
 - 모형 접근법은 주어진 데이터의 확률분포 가정 및 모형 설정에 따라 나뉨
 - 이를 세분화하면 특정 분포를 가정하지 않은 전통적 방식의 비모수적 신호추출법, 이들의 한계를 보완하고 유연성과 정확성을 개선한 준모수적 신호추출법, 그리고 모수에 기반하여 오차항의 엄격한 정규성 등을 가정하는 다변량 로짓/프로빗 모형 등으로 분류할 수 있음
- 금융위기에 기반한 복수의 구성지표는 통상 거시경제 및 실물 펀더멘털, 금융 및 자본계정 불균형, 대외부문 및 제도적 취약성에 관한 변수 등 포트폴리오 익스포저에 따라 구분됨
 - 위기관리 대상에 따라 가중치와 구성의 차별화가 필요하며, 위기의 특성에 따라 동태적 가중치를 부여하거나 주성분 분석 등을 통해 노이즈를 통제된 공통 요인을 추출하는 방식이 있음
 - 지표 구성상 해당 변수의 절대적 수준이 아닌 장기 추세로부터 이탈률을 계측하고, 이를 초과하는 누적된 불균형을 시스템 위험 강도(또는 취약성)로 해석하는 방식은 모든 위기 모형에서 대부분 공통된 접근법임
 - 분석 주체의 포트폴리오 익스포저 특성에 따라 동인이 달라지므로, 선행연구나 이론에 기반하여 선정 기준에 대한 객관성을 확보하는 것이 필수적임
 - 특히, 위기관리의 구성지표 선정에 있어 다음과 같은 고려 사항이 필요함
 - 통상 구성지표를 선정하는 데에 있어 경기선행지표 위주의 구성이 이뤄지기도 하나, 취약성과 위기의 조짐을 일찍 포착하는 만큼, 노이즈가 반영되어 위기가 아님에도 경보를 울리는 1종 오류가 발생할 수 있음

- 반면, 동행 또는 후행지표를 선정하는 경우 선행성은 떨어질 수 있으나, 거짓 신호를 필터링하고 거시경제의 펀더멘털이 얼마나 훼손되었는지를 실증적으로 추정할 수 있음
- 따라서 이들은 상호 간 장단점 및 상충관계를 가지므로 유기적인 결합 구조를 취함으로써 이들의 장점만을 살리는 것이 중요함
- 유기적 결합에 관한 관점은 과거 단일 체계에 비교하거나 단순 산술적 결합이 아닌 한층 더 고도화된 조기경보시스템 모형을 설정하는 데에 있어 주요 개선 사항임
- 구체적으로 선행지표를 통한 취약성을 측정하고 동행지표는 거시경제 국면 식별을 위한 활용으로 위기를 객관적으로 진단할 수 있음

■ 임계치 최적화 및 신호 판별에 대한 통계적 엄밀성에 관해서는 잡음 대비 신호비율(Noise to Signal Ratio, NSR) 최소화, 손실함수 기반 제1종·제2종 오류 통제 등이 있음

○ 전통적 KLR 신호추출법 등 비모수적 모형

- 특정 확률분포를 가정하지 않고, 순수 과거 시계열 데이터의 경험적 분포에 의존하며, 과거 데이터의 백분위 기준점을 차례대로 이동시키는 탐색 과정을 통해, 모형의 오차를 가장 최소화하는 단일 최적 기준값을 도출함
- 정책입안자의 판단에 의존하는 방법론상 한계가 존재하며,
- 위기 신호가 범주형 변수(0: 정상, 1: 위기)로 정의되기에 연속적인 판별 능력 검증에 제약이 따름

○ 다변량 로짓/프로빗 등 모수적 모형

- 임계치 기반의 전환: 주어진 가정에 기반한 모형을 통하여 포트폴리오의 위기발생 확률을 추정
- 손실함수 내재화: 제1종 오류와 제2종 오류의 페널티 가중치를 비대칭적으로 부여 가능

○ Cox 비례위험모형 등 준 모수적 모형

- 통합적 임계치 최적화: 시간에 따라 변동하는 위험은 특정 분포를 가정하지 않은 비모수적 방식을 취해 꼬리 위험의 불확실성을 통제하고, 거시경제 지표들의 한계효과는 모수적으로 추정함
- 동태적 신호 판별: 과거 정태적 임계치가 아닌 시계열의 국면 변화를 반영한 생존 함수를 구축함으로써, 위기 발생까지 남은 시간 관점에서 손실함수를 동적으로 통제하려는 고도화된 신호 체계를 제공함

■ 기계학습 모형(Machine Learning)의 도입

[전통적인 모형]

- 선형적 결합과 경제학적 인과성 추론: 구성지표들의 가중치를 선형적으로 결합하여 최종 조기경보시스템 지수를 산출하며, 제1종/제2종 오류들은 모형 설정에 강하게 의존함
- 변수 간의 다중공선성에 취약함
- 더욱이, 모형 설정에 의존하는 만큼, 금리 급등과 환율 급락이 동시에 발생할 때 급증하는 구조적 단절 사례에 관해서는 강건한 검증이 별도로 필요함

[기계학습 모형(Random Forest, SVM, XGBoost 등)]

- 복합적 위험 분기점을 동시 포착해야 하는 경우: 수많은 경제 지표들의 복합적인 영향으로 인해 거시-금융시장에 급변하는 경우 기계학습 알고리즘이 일시에 복합적 위험 분기점을 포착해 낼 수 있음
- 단순히 기계적인 예측 오차를 줄이는 것을 넘어, 알고리즘에 정책당국이 지향하는 목적 함수와 손실함수를 직접 부여할 수 있음. 위기 감지 실패와 같은 치명적인 오류에 막대한 페널티를 부과함으로써, 모형 스스로 정책적 눈높이에 맞춘 극도로 보수적인 신호 판별 기준을 학습하도록 적용할 수 있음
- 복잡한 오차 통제로 인해 표본 내와 표본 외 통계적 판별력은 전통 모형보다 우수한 편이나, 어떤 거시 지표가 임계치를 넘어 신호를 촉발했는지에 대한 인과관계 추론이 불투명하다는 지적이 있음
- 이외에도 금융위기가 꼬리 위험 발생 빈도가 극히 낮은 사건이라는 점을 감안할 때, 복잡한 딥러닝 모형은 희소 데이터에 대한 과적합으로 인해 도리어 표본 외 예측력을 감소시킬 위험을 내포하고 있음

4 나가며

■ 자산운용체계가 통합포트폴리오 체제로 전환하는 경우, 조기경보시스템을 포함한 전사적 모니터링 체계로의 패러다임 전환이 동시에 요구됨

- 자산군 간 이질성이 축소되는 통합된 금융시장 환경하에서, 단일 자산군의 분산 측정에 의존하는 파편화된 위험 관리 방식은 근본적 한계를 지님
- 이에 조기경보시스템은 단순한 위기 발발의 식별을 넘어, 거시-금융의 펀더멘털 변수가 통합포트폴리오의 위험 프리미엄에 미치는 비선형적 파급 효과와 위기 시 자산군 간 상관관계가 커짐에 따라 발생하는 포트폴리오 유동성 고갈 위험을 총체적으로 계측할 수 있는 체계로 격상되어야 할 필요가 있음
- 이를 통해 개별 자산군의 범주를 넘어, 거시경제적 위험 요인이 금융자산의 위험 프리미엄에 미치는 파급 경로를 유기적으로 연결함으로써, 동적인 위기관리 체계를 내재화하고 전술적 리밸런싱을 통해 선제적으로 대응해야 함

■ 장기 구조적 중심의 위기 신호 포착의 중요성이 강조되고 있음

- 위기 국면에서 발현되는 일시적인 투매나 유동성 경색과 같은 단기적 쏠림 현상에만 시스템의 민감도를 집중할 경우, 위기 이후 정상화 과정에서의 구조적 수익 기회를 상실할 위험이 남아 있음
- 진일보한 조기경보시스템 구축을 통해 단기적인 시장 패닉으로 인한 노이즈를 효과적으로 필터링하고, 장기적이고 구조적인 기초여건의 변화 여부를 판별하고 유연한 거버넌스 체계를 구축하는 데 그 역량을 집중해야 함
- 전통적 계량 모형과 기계학습 모형이 가진 각각의 유용성과 한계를 종합적으로 고려할 때, 다양한 모형에 기반한 실증결과들을 기계적으로 추종하기보다 보수적으로 재해석하는 과정이 필수적이며, 실무적 정합성을 확보한 혼합형 지표 구축이 무엇보다 중요 과제로 사료됨

■ 조기경보시스템 모형의 방법론적 한계 극복과 정책적 수용성 제고를 위한 혼합형 모형 체계 고도화가 요구됨

- 그간의 조기경보시스템 연구는 다수 지표 도입 시 가지는 방법론적 한계, 정책당국의 비대칭적 위험회피 성향 내재화, 위기 이후 편향 극복 방안, 구성지표 선정 시 고려사항 등 제기되어 온 다수의 문제를 보완하고 정합성을 제고한 바 있음
 - 조기경보시스템 고도화를 위해서는 단일 지표에 의존하기보다 위기의 파급 경로를 반영한 다차원적 지표의 유기적 결합을 구성하는 한편, 거짓 신호를 보수적으로 필터링하기 위한 주기적인 모형 검증에 관한 노력이 필요함
- 더욱이 최근 부상한 기계학습 알고리즘을 추가한 혼합 형태를 통해 통계적 위기 탐지체계 구축
 - 기계학습 모형은 복잡한 경제 상황에서 통계적 판별력을 극대화하는 데 탁월하나, 인과추론상 한계점을 가지는 양면성을 가짐
 - 이에 전통적 계량 모형을 위험 식별의 중심축으로 설정하고, 기계학습 모형에 SHAP 등 사후적 해석 기법을 결합하여 특정 지표의 훼손 기여도를 정량적으로 소명하는 교차 검증 체계로 개선해 나갈 필요가 있음

참고문헌

- Alessi, L., and Detken, C. (2011). Quasi real time early warning indicators for costly asset price boom/bust cycles: A role for global liquidity. *European Journal of Political Economy*, 27(3), 520–533.
- Bussiere, M., and Fratzscher, M. (2006). Towards a new early warning system of financial crises. *Journal of International Money and Finance*, 25(6), 953–973.
- Chikako Oka. (2003). Anticipating Arrears to the IMF: Early Warning Systems. IMF Working paper. 1–35.
- Davis, E. P., and Karim, D. (2008). Comparing early warning systems for banking crises. *Journal of Financial stability*, 4(2), 89–120.
- Edison, H. J. (2003). Do indicators of financial crises work? An evaluation of an early warning system. *International Journal of Finance & Economics*, 8(1), 11–53.
- Ehrmann, M., Fratzscher, M., and Rigobon, R. (2011). Stocks, bonds, money markets and exchange rates: measuring international financial transmission. *Journal of Applied Econometrics*, 26(6), 948–974.
- Kaminsky, G., Lizondo, S., and Reinhart, C. M. (1998). Leading indicators of currency crises. *Staff Papers*, 45(1), 1–48.
- Schwaab, B., Koopman, S. J., and Lucas, A. (2011). Systemic risk diagnostics: coincident indicators and early warning signals (No. 1327). ECB Working paper.
- Shane R. Dusch and Simon Barsoum (2025), Total portfolio approach (TPA): Curating the perfect playlist. Willis Towers Watson Article.



연금이슈 & 동향분석(Pension Issue & Trends Analysis)은

연금제도 및 관련 주요 이슈에 대한 시의성 있는 연구결과 제공을 통해 국가정책 발전에 기여하고자 발행되는 월간지입니다.

본 보고서의 내용은 연구자의 개인적인 의견이므로 공단의 공식적인 견해와는 다를 수 있습니다.

국민연금연구원 홈페이지(<http://institute.nps.or.kr>) - 연구 자료실에서 온라인으로도 이용하실 수 있습니다.

발행인 한정림

발행처 국민연금연구원 전북특별자치도 전주시 덕진구 기지로 170(만성동)

Tel 063. 713. 6776

Fax 063. 900. 3250