

물류활동에서 RFID와 바코드 시스템의 효용성 비교를 위한 통계분석 도구(RUSAT) 개발

하헌철*, 박홍선*, 김현수**, 최용정***

The Development of RFID Utility Statistical Analysis Tool (RUSAT) in Comparison to Barcode for Logistics Activities

Heoncheol Ha*, Heungsun Park*, Hyunsoo Kim**, Yongjung Choi***

요 약

공급사슬망(Supply Chain Management: SCM)은 비용을 최소화시키고, 불확실성을 줄이며 전체적인 최적화 과정을 통해 고객만족을 달성하려는 일종의 경영 패러다임이다. 이는 모든 거래 파트너들 사이의 원료, 부품뿐만 아니라 정보, 자금, 지식의 흐름을 통합적으로 관리운영하기 때문에 SCM의 RFID 도입은 전체 SCM의 효율성을 증가시킬 수 있을 것으로 기대되고 있다. 하지만 불확실한 환경 하에서 객관적인 분석 없이 RFID 시스템 도입여부를 판단하는 의사결정과정에는 한계가 있고 리스크도 크다. 따라서 본 연구는 RFID 시스템의 유효성을 바코드와 비교하고자 할 때 사용될 수 있는 통계적인 분석 모형들을 제시하고 있으며, 비전문 통계인도 이를 쉽게 사용하여 자료를 입력 및 분석할 수 있는 RUSAT(RFID Utility Statistical Analysis Tool)라는 분석 도구를 개발하였다. 본 연구에서 개발된 RUSAT는 향후 RFID 시스템을 도입하고자 하는 기업들에게 효과적인 의사결정 도구로써 널리 활용되기를 기대한다.

▶ Keyword : RFID, 바코드, 물류, 공급망관리, 짝의 t-검정, 이중차분법.

Abstract

-
- 제1저자 : 하헌철 • 교신저자 : 최용정
 - 투고일 : 2012. 02. 09, 심사일 : 2012. 02. 19, 게재확정일 : 2012. 03. 09.
 - * 한국외국어대학교 통계학과(Dept. of Statistics, Hankuk University of Foreign Studies)
 - ** 경기대학교 산업경영공학과(Dept. of Industrial and Management Engineering, Kyonggi University)
 - *** 한미IT 전략기획팀(Stratgy Planning Team, HanmiIT)
 - ※ 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 지식서비스USN 산업원천기술개발사업(과제번호 : 10035414) 지원으로 수행되었음.

In SCM(Supply Chain Management), a management paradigm where the customer satisfaction is to be achieved by minimizing the cost, reducing the uncertainty, and obtaining the overall optimization. As it performs the integrated operation of the paths of information, assets, and knowledge from the raw material providers to the retailers, the adoption of RFID(Radio Frequency Identification) in SCM could be expected to magnify the effectiveness of the system. However, there is a huge risk by deciding whether or not RFID system is adopted without the objective analysis under the uncertain circumstances. This research paper presents the statistical analysis methodologies for the comparison of RFID with Barcode on the aspect of utility and the statistical analysis tool, RUSAT, which was programmed for nonstatisticians' convenience. Assuming a pharmaceutical industry, this paper illustrates how the data were entered and analyzed in RUSAT. The results of this research are expected to be used not only for the pharmaceutical related company but also for the manufacturer, the whole-saler, and the retailer in the other logistic industries.

▶ Keyword : RFID, Barcode, Logistics, Supply Chain Management, Paired t-test, Difference-In-Difference.

I. 서론

1.1 연구배경 및 필요성

소비자들의 다양한 요구에 대응하기 위한 기업의 다품종 소량생산 추진전략은 물류활동에서도 관리품목의 증가와 소량배송 빈도 증가 등으로 재고관리와 물류관리 부분의 관리비용이 증가하게 되어 기업의 물류효율화 및 경쟁력 강화를 위한 새로운 시스템 도입의 필요성이 강력하게 제기되고 있다.

물류효율화를 위하여 최근에 이슈화되고 있는 RFID(Radio Frequency Identification) 시스템은 RFID 태그와 안테나를 이용하여 제품의 상태 및 이동경로에 관한 정보를 파악 할 수 있는 기술로서 자동화에 적합한 시스템이다[1,2,3,4]. 그동안 태그의 가격과 금속 및 물 등에 노출된 환경에서의 인식률 저하 문제가 RFID 시스템의 확산을 저해하는 주요 원인이었으나 최근 들어 해당 기술의 발전으로 인식율의 향상과 RFID 태그 가격이 하락하면서 기존 바코드 시스템의 대안으로 대두되고 있다.

시장조사 전문기관인 IDTechEx사의 RFID Knowledgebase에 등록된 국가별 RFID 시스템 구축사례 건수를 살펴보면 2010년 기준으로 미국 1,289건, 영국 384건, 중국 267건, 독일 204건, 프랑스 161건으로 파악되었다[5]. 또한, RFID 시스템 관련 세계시장은 2008년 103억 달러에서 2018년 1,275억 달러 규모로 성장할 것으로 예상되며, 2008년 지역

별 시장점유율은 동아시아 52.8%, 북미 25.7%, 유럽 18.1%, 기타 3.4%로 파악되고 있다[6]. 국내시장 역시 지속적으로 성장하여 2003년 549억 원의 판매액을 기록한 이후 2005~2009년 평균 29.3% 성장률을 기록했으며, 2010년에는 총 판매액 6,328억 원을 기록하여 2003년 이후 8년 만에 1,152%의 판매액 성장을 기록하고 있다[7].

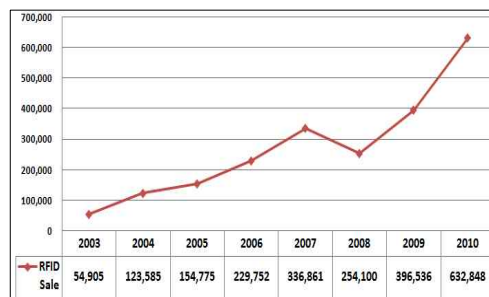


그림 1. 국내 RFID 판매액(2003~2010)
Fig 1. Domestic sales related to RFID(2003~2010)

주요 국가들의 RFID 관련 상황을 살펴보면, 우선 미국은 매년 3억 달러를 투자하여 광범위한 R&D를 추진하고 있으며 중앙정부, FDA, 국방부 등도 RFID 시스템 도입을 확대하고 있다. 중국은 2009년 RFID를 5대 IT 신성장전략 사업으로 선정하였고, 일본은 RFID기반 항공, 해운, 철도 편의성 서비스 개선에 집중하고 있다. 유럽(프랑스)은 공공서비스 분야와 관광 관련 NFC 서비스 활성화 계획을 추진 중이다. 또한 국내의 경우 지식경제부가 2015년까지 RFID 확산기반 조성을 위한 u-IT 신기술 검증 확산산업(총 19개)을 추진하고 있으며, 행

정안전부에서는 도서관, 음식물 쓰레기 관리 등 생활서비스 분야 등 10개 부분에서 RFID 시스템 사업을 진행하고 있다. 보건복지부에서는 약사법 제 56조(2011년 6월 개정), 시행령 32조(2011년 3월 개정) 등에 의해 “의약품 표시 및 기재사항”을 2차원 바코드 또는 RFID 태그를 부착하도록 개정하였고, 그 시행을 지정의약품의 경우 2012년, 전문의약품의 경우는 2013년부터 실시하며 2015년부터는 일련번호(Serial Number)의 추가를 의무화하는 시행령을 공포했다. 현재 한미약품, 일동제약, 한국콜마, 경동제약, 유니메드 제약 등의 제조업체들은 생산단계에 RFID 시스템을 적용하고 있으며 한미약품의 경우 현재 생산되는 약품의 단품 단위까지도 RFID 태그를 부착하여 제품의 유통추적과 정품인증에 활용하고 있다. 또한, 패션업계에서도 성주어패럴(MCM), 제일모직 등의 기업에서 RFID 시스템을 도입하여 재고관리 및 정품인증 등에 활용하고 있다[8].

그러나, 정부의 상당한 노력에도 불구하고 일반 기업의 경우 RFID 관련 설비 및 시설 투자비용의 부담, 태그 비용, 태그 인식률 및 투자성공에 대한 불확실성 등의 이유로 RFID 시스템 도입을 아직도 주저하고 있다. 이는 향후 산업경쟁력 뿐만 아니라 더 나아가 국가경쟁력 강화에 부정적인 요인으로 작용할 수 있기에 RFID 시스템 도입비용의 예측과 그 효과를 연구하는 많은 노력이 다음과 같이 진행되어 오고 있다. RFID 시스템을 도입할 때 발생하는 비용 및 효과를 도출하고 체계적으로 정리한 RFID 비용편익 분석 모형과 툴에 대한 연구 [9], RFID 시스템을 도입하고자 하는 현장에서 활용할 수 있는 RFID 시스템 도입 프레임 워크 및 세부 가이드라인[10], 그리고 RFID 시스템 적용 성공사례를 분석하여 시스템 도입 시 발생하는 투자비용과 효과를 정리하여 RFID 시스템 ROI(Return on Investment) 분석 프레임워크 개발[11] 및 RFID 시스템 효율성 평가를 위한 평가척도 및 RFIDS-CFI 평가모형 개발[12] 등이 대표적인 연구들이다. 그러나, 현실적으로 제약산업을 비롯한 국내 여러 산업 분야에서는 RFID의 도입을 위해 바코드에 대한 RFID의 효율성 우위를 증명할 수 있는 조금 더 정량적이고 객관적인 분석결과를 요구하고 있다.

또한 공급망에서 IT기술이 미치는 영향력에 대한 연구가 다양한 분야에서 활발히 진행되고 있는데 그 내용은 다음과 같다. 인터넷(Internet)이 SCM 상에 미치는 영향을 두 모집단 간 t-검정을 통해 분석한 연구[13]와 RFID와 바코드의 트레이(tray)당 스캐닝 시간을 측정하여 단순 히스토그램과 평균값만을 이용해 RFID와 바코드의 스캐닝 시간을 비교한 선행 연구가 있다[14]. 농업분야에서는 과일수거함과 나무에 RFID

혹은 바코드를 부착시킴으로써 RFID 부착이 바코드 보다 수확의 효율성을 높여주었다는 사실을 밝히는데 독립된 두 모집단의 t-검정을 사용하였다[15].

그러나, 안타깝게도 본 연구의 관측값은 동일한 개체(예: 제품, 적재선반, 소매상)에서 RFID, 바코드 값이 얻어지기 때문에 이와 같은 독립된 두 모집단을 가정한 분석기법은 사용할 수 없다. 따라서 본 연구는 두 모집단의 ‘t-검정’ 대신 ‘쌍의 t-검정’ 방법과 이에 대응되는 비모수 검정기법인 ‘윌콕슨 부호순위검정’을 그 대안으로 제시하고 있다. 또한, 본 연구는 그 동안 사회과학이나 수리경제학 분야에서만 사용되었던 ‘이중차분법(Difference-In-Difference: DID)’을 산업계에서 바코드 시스템을 RFID시스템으로 전환함으로써 RFID 도입에 의한 영향력을 분석하는 방법으로 사용하였으며, 이를 위한 분석 툴을 제시하고 있다.

따라서, 본 논문의 목적은 통계를 잘 모르는 분석자일지라도 제조사, 도매상, 소매상의 각 위치에서 RFID 시스템 도입 전과 후의 자료를 측정하고, 그 자료를 직접 입력하여 RFID의 유효성을 검증할 수 있는 의사결정 지원 평가도구를 소개함으로써 RFID 시스템의 도입을 고려중인 기업이 본 연구의 결과로 개발된 통계분석도구(RUSAT: RFID Utility Statistical Analysis Tool)를 활용하여 실제 현장의 자료를 기반으로 한 RFID 도입에 대한 유효성 검증을 통해서 RFID 도입여부에 대한 신속하고 객관적인 의사결정을 도출하는데 기여하고자 한다.

1.2 REExcel을 이용한 분석도구 RUSAT

데이터를 취급하고 발표하는 모든 사람에게 마이크로 소프트웨어 엑셀(Microsoft Excel: MS Excel, 이하 Excel로 명칭함)과 같은 스프레드시트(Spreadsheet)는 널리 사용되는 유용한 도구이다. 실제로 Excel은 자료를 저장하고 전달하는 표준(Standard) 도구 중 하나일뿐 아니라 가지고 있는 통계분석용 함수나 그래프 기능을 통해 어느 정도 통계적 분석기능을 감당하고 있는 것도 사실이며, 많은 교육기관에서도 Excel을 이용한 통계분석을 커리큘럼(Curriculum)의 일부로 채택하고 있는 것도 현실이다.

그러나, Excel이 제공하고 있는 통계적 분석도구가 평균, 분산, 산점도, 히스토그램 혹은 단순선형회귀(Simple linear regression)와 같은 단순 통계분석만을 제공하고 있으며, 심지어 이들의 결과를 실생활에 적용하기에는 계산의 오류 및 불일치성, 난수발생 등의 여러 가지 문제점들이 지적되고 있으며, 표준편차와 같은 기본적인 계산조차 수치해석적 rounding-off 오차가 발생하여 그 분석결과를 신뢰할 수 없다

는 치명적 오류가 발견되고 있다[16,17,18].

이러한 이유로 일정 규모 및 수준 이상의 통계적 분석 작업은 대부분 SAS, SPSS와 같은 통계전문 패키지를 사용하도록 권고하고 있는데 이들의 구입비용, 매년 라이선스 갱신 비용, 컴퓨터 하드디스크 공간 요구에 대한 부담 등 상당한 문제가 발생하고 있다. 다행히, 1993년에 Ross Ihaka와 Robert Gentleman이 UNIX와 호환되는 오픈소스 GNU 환경에서 개발한 R은 프로그래밍 언어이면서 다양한 통계분석과 뛰어난 그래프를 작성할 수 있는 소프트웨어 환경을 제공하고 있다. R은 GNU 정신에 맞추어 누구든지 거의 모든 플랫폼에서 무료로 다운받을 수 있고 컴퓨터에 설치하는데 불과 5-6분밖에 걸리지 않으며 하드디스크의 공간도 65MB 정도면 설치되는 장점이 있다[19]. 최근 R 패키지와 Excel을 연동시키는 움직임이 활발한데[20], 이를 대표하는 소프트웨어가 REExcel이다[21]. 본 연구에서는 Excel이 제공하는 편의성과 대중성을 유지하면서 R이 가지고 있는 다양한 통계분석 능력과 뛰어난 그래프 기능을 활용하고자 REExcel 소프트웨어 기반의 RUSAT(RFID Utility Statistical Analysis Tool) 분석도구를 개발하였다.

REExcel은 기본적으로 Excel의 단점을 R로 보완하면서 Excel이 가지고 있는 GUI(Graphic User Interface)를 그대로 사용하고, R의 분석내용을 다시 Excel의 스프레드시트에 전달해 주는 목적으로 개발된 프로그램이며, 해당 홈페이지에서 무료로 다운받을 수 있는 가볍고 유용한 소프트웨어이다. 또한 보다 효과적인 GUI 환경을 위해 본 연구에서 개발한 RUSAT는 마이크로소프트 오피스에 내장되어 있는 VBA(Visual Basic for Applications)를 사용하였고, 이를 통해 REExcel, 그리고 R로 연결되게 하였다(그림 2 참조).

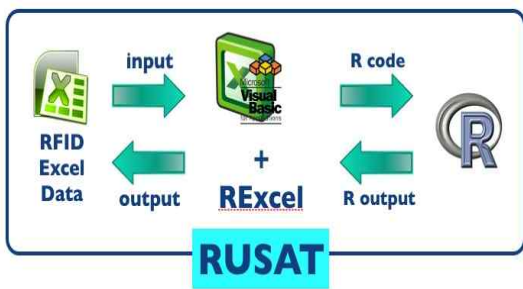


그림 2. RFID 효율성 통계분석도구(RUSAT)의 흐름도
Fig. 2. The Flowchart of RFID Utility Statistical Analysis Tool(RUSAT)

II. RUSAT 기초이론 및 알고리즘

2.1 RFID 시스템 적용 전·후의 비교

물류활동에 RFID 시스템 도입을 통한 효율성 증대는 입고 및 출고시간의 단축, 태깅(Tagging)과 패킹(Packing)의 간소화를 기대할 수 있으며[22], 장기적으로 고객관리 분야에서는 반품 건수 및 소비자 불만 접수 건수의 감소를 예상하기도 한다. 뿐만 아니라 재고 관리 및 절품처리 시간 단축, 그리고 교차판매(Cross-selling)의 질차 간소화도 RFID를 통해 얻을 수 있는 효과라고 할 수 있다.

그러나, RFID의 효과를 통계적 유의성 검증(Significance test)을 통해 확인하려면 여러 사업체를 대상으로 동일 업종의 유사 규모를 가진 회사들로 층별하고, 'RFID를 사용한 그룹'과 '바코드를 사용한 그룹'으로 역할을 부여하여 그 각각의 업무 활동에서 발생하는 처리시간 및 건수 등의 측정치를 비교할 수 있다면 가장 이상적인 것이다. 하지만 특정업체에게 강제적으로 RFID 또는 바코드 시스템을 적용하는 것은 현실상 불가능하다. 또한 입고 및 출고시간은 업체마다 다를 수 있고 제품의 크기, 포장된 개수, 그리고 제품의 종류에 따라 그 처리속도가 다를 수 있기 때문에, 제품별로 RFID에 의한 처리시간과 바코드에 의한 처리시간을 비교하는 것이 타당하다고 파악된다. 다행히 RFID를 부착한 거의 모든 제품이 바코드가 함께 부착되어 생산되므로 같은 제품에 대한 업무처리의 효율을 비교하는 것이 바람직 할 것이다.

이를 위해, 짝비교 검증(Paired comparison test)을 실시할 수 있는데, 만일 i 번째 제품에 대한 RFID에 의한 처리시간을 x_i , 바코드에 의한 처리시간을 y_i 라고 한다면,

$$d_i = x_i - y_i$$

라는 변수가 생성되고, d_i 가 정규분포를 한다면 $H_0 : \mu_d = 0$ 라는 가정에 대하여

$$t_0 = \frac{\bar{d}}{s_d / \sqrt{n}} \sim t_{n-1}$$

라는 분포를 갖게 되므로, 만일

$$t_0 < -t_{n-1, 0.05}$$

이면 RFID에 의한 처리시간이 바코드에 의한 처리시간보다 통계적으로 유의하게 적다고 규정할 수 있다.

만약에, d_i 가 정규분포를 만족하지 못한다면 t-검정대신 비모수검정(Nonparameteric test)의 하나인 윌콕슨 부호순위검정(Wilcoxon Matched Pair Signed Rank test)의 사용을 추천한다.

2.2 이중차분법(DID: Difference-in-Difference)

물류활동에 적용해온 바코드 시스템을 RFID 시스템으로 전환하는 경우, 시스템의 전환은 단순히 스캐너와 자료입력 장비만을 교체하는 것이 아니라 이를 통한 물류활동 전체의 정보시스템 및 관리 프로세스까지도 변경하게 된다. 따라서, 시스템 전환이 전사적으로 일어나면 RFID와 바코드의 비교를 동시점(The same time point)에서 측정하는 것은 불가능하게 된다.

만약에 RFID의 도입에 의한 성과차이를 회사의 순수익(Net profit)의 변화나 소비자 불만 건수, 폐기물량의 변화를 고려한다고 가정했을 때, RFID의 도입 전·후만을 비교하는 것은 정확한 비교가 되지 않을 수 있다. 왜냐하면 해당 회사가 속한 분야의 전체적인 경기 침체/부양이 있을 수 있고 시간의 흐름에 따른 소비자들의 적극적인 참여도의 증가, 혹은 급작스런 외부요인(환율, FTA 등 정책적 변동)에 의해 순수한 RFID의 도입에 의한 효과가 외부요인에 의해 교란(Confound) 되기 때문이다.

따라서, 서로 다른 두 그룹(Treatment and control)에 대해서, 시간이 흐르면서 한 그룹에는 RFID를 도입하여 전·후의 차이를 분석하고, 이와 비슷한 다른 그룹에는 바코드 시스템을 그대로 유지함으로써 RFID의 효과와 관계없는 전체적인 추세를 반영함으로써 두 개의 차이에 대한 차이, 즉 이중차분에 의한 차이를 측정하는 방법을 이중차분법(Difference-in-Difference: DID)이라고 한다[23].

이중차분법(DID)은 실험단위가 각 그룹에 랜덤하게 배정할 수 없는 준실험(Quasi-Experiment) 환경이 흔히 발생하는 사회과학에서 발달한 분석방법으로 Snow(1855)에 의해 도시 콜레라에 의한 사망률이 수도물을 제공하는 회사를 바꿈으로써 낮아졌다는 사실을 DID를 이용해 밝혔고[24], 그 이후 Obenauer 와 Nienburg는 경제학에서 최저임금/최고임금 제도가 여러 변수에 미치는 영향력을 조사하는데 DID 기법을 사용하였다[25]. 이와 같이 DID는 환경, 경제뿐만 아니라 심리학, 사회학, 보건행정 분야 등에서 응용되어온 통계적 분석기법이다.

<그림 3>은 바코드를 그대로 유지한 그룹(상위 그룹)과 바코드에서 어느 일정 시점 후에 RFID로 전환한 그룹(하위 그룹)의 물류활동 유지비용을 나타내고 있다. 여기서, 바코드 시스템을 그대로 유지한 그룹과 바코드를 사용하다가 RFID를 도입한 그룹 간에는 동일한 추세(Trend)가 있다고 가정한다. RFID를 도입하지 않은 그룹에서도 물류활동 유지비용이 여러 가지 환경여건의 변화로 줄어들고 있기 때문에, 단순히 RFID의 전·후만을 비교하는 것은 RFID의 효과를 과대(혹은 과소) 평가할 위험이 있게 된다. 이와 같은 관계를 모형식으로 살펴

보면,

$$Y_{it} = \mu + \alpha \delta_i + \beta \tau_t + \gamma(\tau\delta)_{it}$$

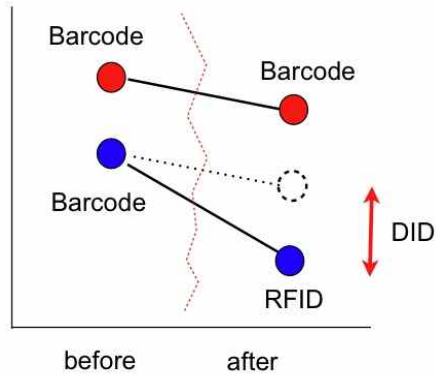


그림 3. DID 이용한 RFID 효과추정
Fig 3. The Estimation of RFID utility using DID

가 되는데, 여기서 τ_t 는 RFID가 적용되는 시점 이후는 1, 이전은 0을 나타내는 지시변수(Indicator variable)이고, δ_i 는 바코드를 계속 유지한 그룹은 0, 중간에 RFID를 도입한 그룹은 1의 값을 가지는 지시변수를 말한다. 또한 $(\tau\delta)_{it}$ 는 두 변수의 상호작용을 나타내며, 이 모형식에서 γ 는 곧 RFID의 효과 추정량이 된다.

2.3 RUSAT 알고리즘

본 연구에서 제시한 RFID 효율성 분석을 위한 통계분석 도구, 즉 RUSAT는 <그림 4>과 같은 알고리즘으로 구성되어 있다.

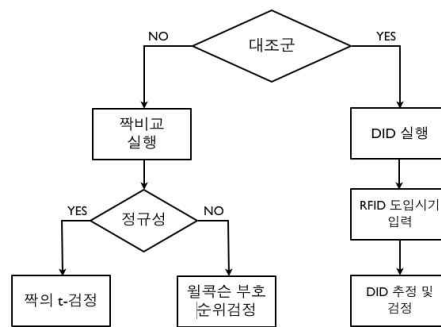


그림 4. RUSAT의 알고리즘
Fig 4. The Algorithm of RUSAT

먼저, RFID의 바코드에 대한 상대적 효율성을 측정하기 위

해 수집된 자료의 성격을 살펴봐야 하는데, RFID를 도입한 시점 전·후의 자료는 기본적으로 필요하되, RFID를 도입하지 않았지만 baseline을 형성해 줄 수 있는 대조 그룹(동종업체 혹은 비슷한 제품)의 자료가 있는지를 살펴본다. 만약 대조 그룹의 자료가 존재하면 DID에 의한 분석을 선택하고, 대조 그룹의 자료가 없다면 RFID 적용 전·후의 자료만을 사용하여 짝비교 검정을 실시한다.

짝비교 검정은 자료의 정규성(Normality) 여부에 따라 t-검정과 윌콕슨 부호순위검정으로 나누어지게 되며, 정규성 검정을 위한 정규확률치 그래프, Anderson-Darling Test가 제공되어 사용자가 어느 검정 결과를 선택할지를 도와준다[26].

마지막으로, 사용자가 어떤 분석을 선택할지라도, RFID 도입에 의한 효과의 크기는 RUSAT에 의해 자동으로 계산(추정)되며, 그 통계적 유의성이 화면으로 출력되고, 사용자가 원할 경우 프린터로 그 결과를 출력할 수 있게 한다.

이상의 모든 프로세스들은 RUSAT 안에서 이루어지고, 사용자는 Excel과 VBA가 제공하는 인터페이스 안에서 모든 입력과 처리 작업을 하되, 통계분석과 출력 및 그래프 기능은 전문 통계패키지인 R의 도움을 받아 실행하며, 그 가교역할을 REExcel이 담당하게 된다.

III. RUSAT 사용방법

3.1 t-검정과 윌콕슨 검정

본 RFID 효율성 분석을 위해 RUSAT 사용자는 먼저 해당 사업체의 이름과 종류(제조업, 도매업, 소매업), 그리고 바코드와 비교하기 원하는 프로세스의 종류(입고, 출고, 재고)와 단계 숫자를 입력하면 자동으로 입고, 출고, 재고별 화면으로 이동한다.

자료의 입력은 제품의 종류와 포장단위에 따라 소요시간이 달라지므로 동일 제품에 대한 RFID의 처리시간과 바코드의 처리시간을 입력시키게 된다. 소매상의 재고 프로세스 경우는 소매상의 크기에 따라 RFID와 바코드에 의한 재고 프로세스 시간이 달라지므로, 소매상 별로 각각의 소요시간을 입력하게 되어있다. 이와 같이, RFID와 바코드에 대한 자료를 Excel 화면에 직접 입력할 수 있거나 기존의 입력된 부분을 복사와 붙이기를 통해 자료를 입력할 수 있으며, RUSAT는 자동으로 입력된 개수를 계산하여 분석에 적용하게 된다.

실행 버튼을 누르게 되면, 자료에 대한 정규성 검사가 우선

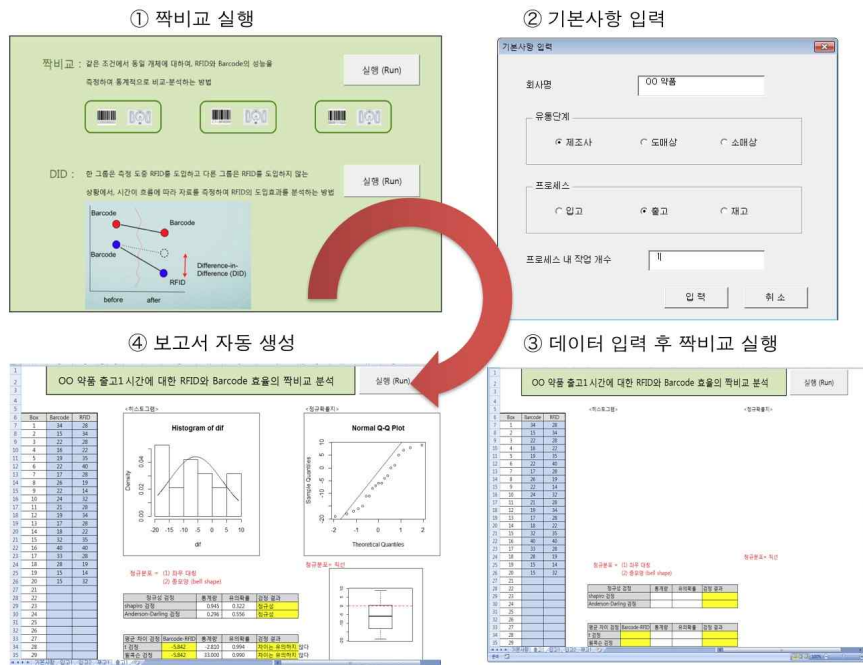


그림 5. RUSAT의 짝비교 검정에 의한 RFID 효율성 검정
 Fig 5. The Utility Analysis of RFID systems using Paired t-test of RUSAT

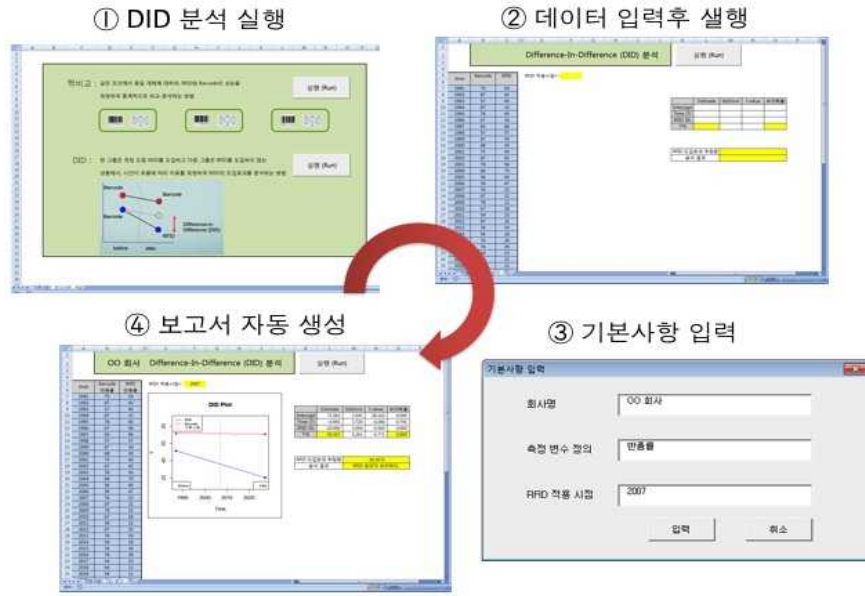


그림 6. RUSAT의 DID 방법에 의한 RFID 효용성 검정
 Fig 6. The Utility Analysis of RFID systems using DID of RUSAT

자동적으로 수행되어 그 결과를 화면에 출력하고, t-검정과 윌콕슨 검정을 자동으로 수행하여 그 결과를 Excel 화면에 출력해 준다(그림 5 참조).

3.2 이중차분법 (DID)

RFID를 적용한 사업체에 대응할 수 있는 바코드 시스템을 유지하는 사업체가 있고, 이 업체로부터 해당 자료를 얻을 수가 있다면, RFID를 적용한 업체와 비교함으로써 RFID의

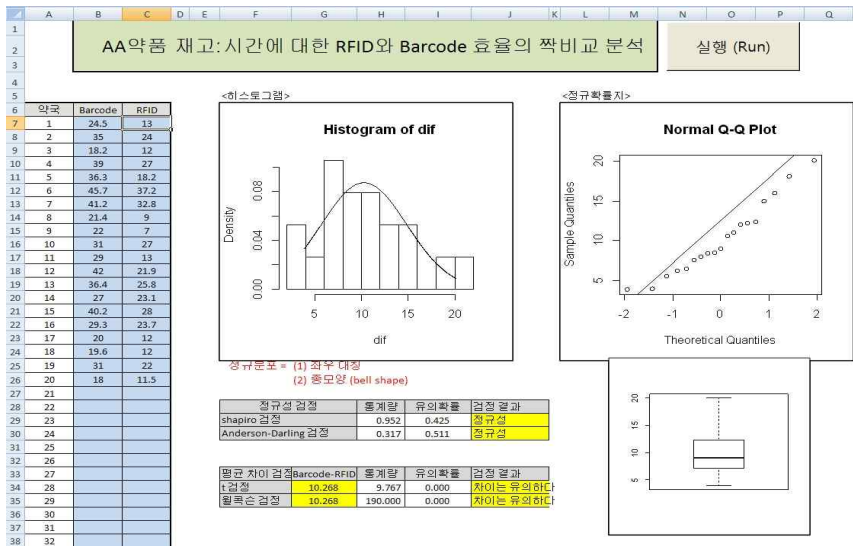


그림 7. AA약품의 20개 소매약국 재고 프로세스에 대한 RFID의 효용성 분석
 Fig 7. The Utility Analysis of AA Pharmaceutical RFID systems(focused on 20 Pharmacies)

순수한 효과를 보다 정확하게 추정할 수 있게 된다. 그러므로, 시간에 따른 처리집단(RFID 시스템을 도입한 집단)과 대조집단(바코드 시스템을 유지한 집단)의 관측값을 입력하고, 처리집단이 RFID를 도입한 시점을 입력하면 DID 추정방법에 의해 RFID에 의한 효과를 추정하고 그 유의성을 검정할 수 있게 된다(그림 6 참조).

IV. 수치예제

본 장에서는 자료가 주어졌다는 가정 하에서 RFID 효율성 검정을 위해 RUSAT가 어떻게 작동하는지 살펴보도록 한다. 먼저, 소매약국의 재고관리 프로세스에서 RFID의 효율성을 바코드와 비교하기 위한 분석을 실시한다고 가정하자. 모든 품목에 RFID와 바코드가 함께 부착되었기 때문에 약국에 있는 약품의 재고파악에 소요되는 시간을 RFID를 사용해서 시간을 측정하고, 다시 바코드를 이용해서 소요시간을 측정할 수 있다. 예를 들어 "AA제약회사"가 납품하는 20개 소매약국들에 대한 RFID와 바코드의 소요시간이 <그림 7>과 같다고 가정한다. RUSAT를 이용한 분석결과를 살펴보면, 히스토그램과 정규확률지 그래프는 소매약국들로부터 얻은 소요시간에 대한 자료가 20개밖에 안 되는 자료의 개수를 고려할 때 정규성을 만족한다고 볼 수 있다.

또한, Shapiro 검정과 Anderson-Darling 검정의 결과도 동일하게 자료가 정규분포를 따른다고 가정해도 무방함을 보여준다. 그러므로, 짝의 t-검정 결과를 살펴보면 바코드 시스템보다 RFID 시스템은 평균 10.268분 소요시간이 감소됨을 알 수 있고, 이에 대한 짝의 t-검정 통계량은 9.767 이다. 따라서, 유의수준 0.05에서 RFID는 바코드 보다 유의하게 소요시간이 짧다고 결론지을 수 있다. 따라서, AA약품은 소매약국의 재고 프로세스에서 바코드 대신 RFID를 도입함으로써 재고 프로세스의 소요시간을 상당히 줄인 것으로 파악할 수 있다.

V. 결론

물류활동의 효율화를 위한 RFID 시스템의 도입은 관련 업체들의 시설 및 설비 투자에 대한 경제적 부담에도 불구하고 그 사용이 지속적으로 증가하고 있으며, 우리나라는 지식경제부, 행정안전부, 보건복지부 등 정부적 차원에서의 적극적인 도입의지를 바탕으로 그 효율성에 대한 객관적 자료의 요구가 증가하고 있는 추세이다.

본 연구는 제조사, 도매업체 또는 소매업체가 RFID 시스템을 도입하고자 할 때, RFID와 바코드 사용에 따른 각각의 프로세스 소요시간을 측정하여 입력하기만 하면, 통계적인 분석을 통하여 RFID의 효과를 추정하고 그 통계적 유의성을 검정해 주는 분석 도구를 제공한다. 본 연구의 중요성은 이와 같은 모든 통계적 분석절차가 MS 오피스에 내재된 Excel과 인터넷에서 무료로 다운 받을 수 있는 통계패키지 R을 사용하여 VBA를 통해 구현되었다는 점이며, Excel의 편의성과 R의 분석능력을 동시에 활용한 분석 도구를 비통계 전문가들이 사용할 수 있도록 제공한다는 점이다.

본 연구를 통해서 개발된 RUSAT는 향후 RFID 시스템을 도입하고자 하는 거의 모든 업종에서 간단한 Excel의 사용법을 통해 수정 및 보완할 수 있으며, VBA에 대한 보다 폭넓은 이해가 병행된다면 지금 보다 훨씬 사용자 편의를 추구한 확장된 형태의 툴이 개발될 것으로 사료된다.

참고문헌

- [1] S.Y. Lee, "Design and Implementation of RFID-based Tracking System for Logistics Management on the Steel Industry", Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 15, No. 10, 157-164, October 2010.
- [2] H.W. Choi, D.G. Yeo, J.H. Jang, H.Y. Youm, "A Secure and Efficient RFID Tag Search Protocol Protecting Mobile Reader's Privacy", Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 15, No. 9, 109-117, September 2010.
- [3] S.H. Jang, Y.B. Ma, C.H. Noh, Y.J. Park, K.H. Kim, H.S. Cha, J.S. Lee, J.M. Kim, "Design and Implementation of RFID-based Airway Logistics System for Ubiquitous Environments", Journal of the Korea Society of Computer and Information, Vol. 12, No. 6, 297-306, December 2007.
- [4] S.H. Lim, "Role of Trust, Fits, and Risk on the Intention towards RFID Acceptance : Focused on Logistics and Retail Sectors", Korea Logistics Review, Vol. 21, No. 2, 5-40, September 2011.

- [5] IDTechEx, RFID Forecasts, Players and Opportunities 2011-2021, <http://www.idtechex.com>
- [6] Y.J. Park, M.H. RIM, G.J. Kim, "An Analysis on the Market Trends and Demand of the RFID/USN Services", *Trend Analysis of Telecommunication*, Vol. 24, No. 2, 32-42, April 2009.
- [7] Korea Association of RFID/USN Convergence(Karus), 2011 CJK RFID Industry Development Report, 2011.
- [8] National IT Industry Promotion Agency(NIPA), Domestic and Foreign RFID/USN Industrial Trend Report Through the First Half of 2011, 2011.
- [9] J.H. Jeong, Y.H. Lee, "Development of a Process Centered RFID Cost-Benefit Analysis Model and Tool", *Journal of Society for e-Business Studies*, Vol. 13, No. 3, 173-188, 2008.
- [10] S.K. Youm, Y.H. Lee, H.T. Kim, J.T. Rhee, S.K. Cho, "A Methodological Model for Effective RFID System Development", *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, Vol. 34, No. 4, 433-444, December 2008.
- [11] H.J. Jeong, D.H. Han, T.W. Chang, H.S. Kim, "Framework for ROI Analysis of RFID System: Focused on Manufacturing Industry", *Korean Journal of Logistics*, Vol. 18, No. 1, 103-120, 2010.
- [12] Y.J. Choi, D.H. Han, H.J. Jeong, W.C. Han, H.S. Kim, "The Evaluation of Effectiveness on RFID system based Logistics process", *Journal of the Korea Society of Computer and Information*, Vol. 15, No. 6, 111-120, June 2010.
- [13] R.A. Lancioni, M.F. Smith, and T.A. Oliva, "The Role of the Internet in Supply Chain Management", *Industrial Marketing Management*, Vol. 29, 45-66, Elsevier Science Inc., 2000.
- [14] G.R.T. White, G. Gardiner, G. Prabhakar, and A.A. Razak, "A Comparison of Barcoding and RFID Technologies in Practice", *Journal of Information, Information Technology, and Organizations*, Vol. 2, 119-132, 2007.
- [15] Y.G. Ampatzidis and S.G. Vougioukas, "Field Experiments for Evaluating the Incorporation of RFID and Barcode Registration and Digital Weighting Technologies in Manual Fruit Harvesting", *Computers and Electronics in Agriculture*, Vol. 66, 166-172, 2009.
- [16] M.D. McCullough and D.A. Heiser, "On the accuracy of statistical procedures in Microsoft Excel 2007", *Computational Statistics & Data Analysis*, Vol. 52, No. 10, 4570-4578, 2008.
- [17] Y. Sua, "It's easy to produce chartjunk using Microsoft Excel 2007 but hard to make good graphs", *Computational Statistics & Data Analysis*, Vol. 52, No. 10, 4594-4601, 2008.
- [18] J. Cryer, "Problems using Microsoft Excel for Statistics", *Proceedings of the Joint Statistical Meetings*, 2002.
- [19] R for Windows FAQ, <http://cran.r-project.org/bin/windows/rw-FAQ.html>
- [20] R.M. Heiberger and E. Neuwirth, "R through Excel: A Spreadsheet for Statistics, Data Analysis, and Graphics", Springer, 2009
- [21] statconn (2011), <http://statconn.com/products.html>
- [22] IBM, "EPC: A Shared Vision for Transforming Business Processes", IBM Business Consulting Services Analysis, 2005.
- [23] M. Bertrand, Duflo, E. and S. Mullainathan, "How much should we trust difference-in-differences estimates", *Quarterly Journal of Economics*, 249-275, 2004.
- [24] J. Snow, "On the Mode of Communication of Cholera", 2nd ed. London, John Churchil, 1855.
- [25] M.L. Obenauer and B.M. Nienburg, "Effect of minimum-wage determinations in Oregon", 1915.
- [26] A.N. Pettitt, "Testing the Normality of Several Independent Samples using the Anderson-Darling Statistic", *Annals of Statistics*, Vol. 26, No. 2, 156-161, 1977.

저 자 소 개



하 헌 철
2003: 한국외국어대학교 통계학과 학사
2010-현재: 한국외국어대학교 통계학
과 석사과정
관심분야: 효과추정, 실험계획법
e-mail: fusion815@naver.com



박 흥 선
1985: 서울대학교 계산통계학과 학사
1987: 노스캐롤라이나 주립대학 통계
학과 석사
1994: 노스캐롤라이나 주립대학 통계
학과 박사
1994-현재: 한국외국어대학교 통계학과
교수
관심분야: 효과추정방법, 실험계획법,
패널자료분석
e-mail: hspark@hufs.ac.kr



김 현 수
1985: 성균관대학교 산업공학과 학사
1988: Ohio State Univ. 산업공학과
공학석사
1996: Ohio State Univ. 산업공학과
공학박사
1997-현재: 경기대학교 산업경영공학과
교수
관심분야: Reverse Logistics, Green
Logistics, e-SCM
e-mail: hskim@kgu.ac.kr



최 용 정
1999: 경기대학교 기계공학과 공학사
2001: 경기대학교 산업공학과 공학석사
2008: 경기대학교 산업공학과 공학박사
2008-2009: KRRI 국가물류표준화연구단
2009-2010: 경기대학교 산업기술종합연
구소 상임연구원
2010-현재: 한미IT 전략기획팀 과장
관심분야: Green Logistics, Service
Quality, Fuzzy theory
e-mail: cyj740@hanmi.co.kr